

Der Mechanismus der Atmung

Wolfgang Schäfer

Druck: Anneliese Schubert, München 5, Corneliusstraße 21, Telefon 21777



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS INSTITUT UND POLIKLINIK FÜR PHYSIKALISCHE THERAPIE
UND RÖNTGENOLOGIE DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. H. v. BRAUNBEHRENS

DER MECHANISMUS DER ATMUNG

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Wolfgang Schäfer

aus Cosel O/S.



München 1959

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Referent: Privatdozent Dr. F.E. STIEVE
Correferent: Professor Dr. H. v. BRAUNBEHRENS
Dekan: Professor Dr. K. KOLLE

Tag der mündlichen Prüfung: **28. JULI 1959**

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. EINLEITUNG	11
Die Ursache der Atembewegung in Phylogenese und Ontogenese - Zur Physiologie der Atmung.	
B. DIE MECHANIK DER NORMALEN ATMUNG	15
1..Der Thorax	15
Die Bewegungen des Brustkorbes bei der Atmung.	
Die bewegten Teile, Knochen und Gelenke.	
Die Bedeutung der verschiedenen Abschnitte des Brustbeins für die Physiologie der Atmung.	
Die bewegenden Kräfte; die Muskulatur.	
Reguläre und auxiliäre Atemmuskeln.	
(Kennzeichen der kostalen und abdominellen Atmung, Einfluß des Alters und Geschlechts auf die Brustkorbform.)	
Die Kraft unserer Inspirationsmuskulatur.	
2. Das Abdomen	19
Die Bauchdecke.	
Der Einfluß des Atmens auf die Bauchdecken und seine Bedeutung bei der Abdominalpalpation.	
Zwerchfellfunktion.	
Zwerchfellatmung.	
Zwerchfellatmung und Aortengymnastik.	
Preßdruckatmung.	
Das tetanische und tonische Aktionssubstrat des Zwerchfells.	
Atmung und Magenperistaltik.	
Der Einfluß der Atmung auf die Tätigkeit des Musculus sphinkter Oddi.	
3. Die Atembewegungen der Lunge	24
Über den physiologischen Antagonismus der Atmung der Spitzen und der basalen Teile der Lungen (Antagonistische Partialatmung).	

Über den Einfluß des vegetativen Systems auf die Atmung.

Die Bedeutung des Nervus vagus für die Atmung und seine Beziehungen zur Pneumatotherapie.

4. Die Atmung als Ganzes 25

Die Atemleistung als Maß bei der Bestimmung der körperlichen Tüchtigkeit.

Über die Bilanz zwischen Atemleistung und Atembedürfnis.

Dauer von Ein- und Ausatemungsperiode.

Die Atmungslagen.

Die Mittellage der Atmung.

Studies on the physiologie of sleep, the effect of sleep on respiration.

Zur Frage der gegenseitigen Beziehungen zwischen Brust- und Bauchatmung.

Formänderungen des Körpers bei Ein- und Ausatemung. Atemtypen.

(Rippenmuskel-Zwerchfellatmung, Basisatmen, Lungenemphysem, Flanken- und Vollatmung.)

Die Bedeutung des Atmungstypus als sekundäres Geschlechtsmerkmal des Erwachsenen.

Die Atembewegungen beim Sprechen und Singen.

Die Nase.

Die Bedeutung der nasalen Atmung in ihrer Schutz- und Heilwirkung auf Krankheiten.

Die Bedeutung der Atmung durch die Nase beim Arbeiter.

Die Nasen- und Mundatmung.

5. Die Regulierung der Atmung 35

Allgemeines.

Das Atemzentrum.

Die reflektorische und willkürliche Regulierung der Atembewegung.

Fremdreflexe.

Zur Analyse der Atmungssteuerung.
 Zur Lehre von der Selbststeuerung der Atmung.
 Wirkung lähmender und erregender Stoffe auf das
 Atemzentrum.
 Über Änderungen in der Atmungsregulation durch
 psychische und pharmakologische Einflüsse.
 Über die spinalen Atmungsbahnen.
 Zur Lehre von den bulbären und spinalen Atmungs-
 Gefäßzentren beim Menschen.

6. Rhythmus und Frequenz der Atmung 41

Einfluß von Geschlecht und Alter.
 Der Brustkorb und das Zwerchfell als schwingungs-
 fähiges System.
 Vor- und Nachtatmung.
 Der Einfluss von Gehörsempfindungen.
 Über den Einfluß des Windes.
 Über den Einfluß des Wetters auf die Atmungs-
 gröÙe des Menschen.
 Puls- und Atemfrequenz unter psychischer Be-
 einflussung.
 Über den Einfluß der Ermüdung auf Gaswechsel,
 Puls und Atmung.
 Änderung der Pulsfrequenz durch die Atmung.
 Cheyne-Stokes'sches Atmen-Periodisches Atmen.
 Seufzerzwang.

7. Die Atembewegungen des Herzens und
 der großen GefäÙe 47

Die Physiologie des Herzens.
 Der Einfluß der Atmung auf die Herztätigkeit.
 Die Beeinflussung des Druckablaufes im rechten
 Ventrikel.
 Die Erregbarkeit des Atemzentrums bei Herzkranken.
 Seufzeratmen.
 Gähnen und Gähnatmen, Atempause.
 Die Stenoseatmung.

Der Einfluß passiver Änderung der Körperlage auf Atmung und Pulsfrequenz beim Menschen.

Der Atmungskreislauf in seinem Verhältnis zum Herz- und Lymphkreislauf sowie in seiner Bedeutung für Gesunde, Kranke und Scheintote. (Eine Ergänzung des Harvey'schen Gesetzes).

Experimente über Beziehungen zwischen Atmung und Kreislauf.

Wechselbeziehungen zwischen Atmung und Kreislauf.

Mechanische Nebenwirkungen der Atmung und des Kreislaufs.

Silikose, Atmung und Kreislauf.

Kreislaufregulation und Blutgehalt der Lunge bei Überwärmung, insbesondere das Verhalten von Körpertemperatur, Blutdruck und Atemfrequenz.

Der Einfluß psychischer Vorgänge auf Atmung, Pulsfrequenz, Blutdruck und Blutverteilung.

Blood pressure and respiration as a treatment for hypertension.

Hypertonie und Atmung.

C. DIE MECHANIK DER PATHOLOGISCHEN ATMUNG 56

1. Krankheit und Atmung 56

2. Funktionelle und nervöse Atemstörungen 56

Die pathogenetische Bedeutung des Atemweges für den Gesamtorganismus.

Experimentelle Untersuchungen über mechanische Atmungsstörungen und einige Folgezustände.

Atmungsstörungen im Zusammenhang mit den verschiedenen Graden eines pathologischen Erregungszustandes.

Über die Anstrengungsdyspnoe und das Auftreten periodischer Atmung, nach körperlicher Anstrengung bei Gesunden und Kranken.

Klinische Untersuchungen über die Möglichkeit einer funktionellen Dissoziation der Atmung unter experimentellen und pathologischen Bedingungen.

Über halbseitige Atemstörung bei positiver Hemiplegie.
Das nervöse Atmungssyndrom.

Forcierte Atmung als diagnostische Methode der funktionellen Nervenkrankheiten.

Die Atmungstetanie.

Zur neurotischen Atmungstetanie.

Die paradoxe Atmung.

Das sakkadierte Atmen.

Das stridoröse Atmen der Neugeborenen.

Die Atmungsinsuffizienz und ihre Behandlung.

Veränderungen der äußeren und inneren Atmung bei Stenosen der oberen Luftwege.

Atmungsstörungen und Gebißanomalien.

Atmungsanomalien im Kindesalter.

Zur Pathologie und Pharmakologie des Kindesalters.

Über die minderwertige und unzureichende Atmung von Kindern und ihre Richtigstellung und Verbesserung durch rationelle Lungengymnastik.

Bisher nicht bekannte Störungen der Atmung.

3. Die Atemnot 69

4. Die verschiedenen Formen der Atemnot 70

Die bronchial-pulmonal-, die zerebral oder zentrogen bedingte Dyspnoe.

Die große Atmung.

Die psychogen- und cardial bedingte Dyspnoe.

5. Die Atembewegungen bei statischen und kinetischen Störungen 71

Beim Husten.

Bei Fettleichen.

Bei Steilstellung des Beckens.

D. DIE ATEMBEWEGUNGEN BEI PATHOLOGISCH GEFORMTER BRUSTWAND OHNE STÄRKERE VERÄNDERUNGEN DER WIRBELSÄULE	73
1. Bei Englischer Krankheit	73
2. Bei Kiel- und Trichterbrust	73
3. Bei birnförmigem Brustkorb	74
4. Bei Thorax asthenico-asthmaticus	74
5. Bei emphysematösem Thorax	75
6. Bei phthisischem und paralytischem Thorax	75
7. Bei Atembewegungen nach Operationen	75
Phrenikusexairese.	
Phrenikotomie.	
Pneumothorax (geschlossener und offener).	
Ventilpneu.	
Spannungspneu.	
Spontanpneu.	
Thorakoplastik.	
Plombe.	
E. DIE ATEMBEWEGUNGEN BEI VERÄNDERUNGEN DER WIRBELSÄULE	83
1. Die Kyphose	83
Veränderungen an Brustkorb und Zwerchfell.	
Rund- und Flachrücken.	
2. Die Skoliose	85
Die Atembewegungen im einzelnen bei Skoliose.	
Unterschiede der beiden Brustkorbhälften.	
Die einzelnen Arten der Skoliose in ihren Beziehungen zur Atmung.	
Durch Thoraxdeformitäten (primäre, sekundäre) entstandene Skoliosen.	
Durch Erkrankung des Nervensystems entstandene Skoliosen.	
Skoliosen innersekretorischen Ursprungs.	

3. Die Spondylitis	90
4. Morbus BECHTEREW (12).	90
F. METHODEN ZUR UNTERSUCHUNG DER ATEMBEWEGUNGEN	92
G. DAS ASTHMA	93
1. Die Asthmaformen	
a) Asthma bronchiale	95
b) Asthma cardiale	96
c) Asthma hypertonicum	96
d) Asthma nervosum	96
2. Asthma und Witterung	97
3. Die Asthmatherapie	99
ZUSAMMENFASSUNG	100
LITERATURVERZEICHNIS	105

E I N L E I T U N G

Der Mechanismus der Atmung fand bisher im Schrifttum relativ wenig Beachtung.

Diese Arbeit versucht, eine zusammenhängende übersichtliche Darstellung der wissenschaftlichen Literatur der letzten 5 Jahrzehnte zu geben.

Als Ausgangspunkt dienen die umfassende Monographie von R.DITTRICH: "Die Atembewegungen der Norm und Fehlform" (43) und die wichtigste vorher und gleichzeitig erschienene Literatur.

Die nachfolgenden Arbeiten ergänzen und erweitern die bis dahin gültigen Anschauungen.

Anfangs sei Einiges über Phylogenese und Ontogenese der Atembewegung sowie über die Physiologie der Atmung erwähnt.

Nach BETHE (15) bestimmen bei den einfachen Lebewesen im niederen Tierreich periphere Reize die Atembewegung. Bei differenzierten Organismen ist die Sauerstoffsättigung des Blutes maßgebend.

Bei höher entwickelten Tieren wird das Atemzentrum durch CO_2 gereizt. Bei den Säugetieren ist die Kohlensäurekonzentration des Blutes ausschlaggebend. Gleichzeitiger Sauerstoffmangel dient als Sensibilisator für die Wirksamkeit der Kohlensäure. (HASSE, 78) Die ursprüngliche Atmungsweise der Säugetiere ist nach HASSE (78) die Zwerchfellatmung, der sich erst später in steigendem Maß die Brustatmung hinzugesellt. Art und Größe der Atmung aus Richtung und Kaliber der Luftröhrenzweige ergibt, daß der Brustkorb dort, wo 4 Extremitäten die Körperlast tragen, fester gefügt und unbeweglicher ist, als bei den Zwei-Beinern. Bei diesen ist daher die Atmung meist tiefer und die Frequenz geringer als bei den Vier-Beinern. Deren Atmung ist schneller und oberflächlicher. Die Säugetiere atmen im allgemeinen durch die Nase. Luft- und Nahrungsweg sind getrennt. Das Sauggeschäft kann ohne Unterbrechung der Atmung erfolgen. Bei gewissen Zuständen der Atemtätigkeit treten Schluckbewegungen resp.

Schluckatembewegungen auf. Beim Menschen vollziehen sich die wesentlichsten Entwicklungsvorgänge besonders mit Rücksicht auf die Form des Thorax im zweiten Fötalmonat. Mit dem beginnenden Zusammenschluß der Sternalleisten nimmt der Brustkorb am proximalen Ende Kielgestalt an, die durch stetige Zunahme des transversalen Durchmessers in die Kegelform übergeführt wird.

Die Beobachtungen der Atembewegungen des jungen Menschen von der Geburt bis zum Eintritt in das spätere Kindesalter führten GREGOR (69), einem Schüler HASSEs (78) dazu, hier eine ähnliche Atemmechanik anzunehmen, wie wir sie durch die Säugetierreihe verfolgen konnten. HASSE (78) unterschied bei den Säugetieren 4 Atmungstypen:

- 1.) vorwiegend Zwerchfellatmung, geringe Brustatmung.
- 2.) vorwiegend Zwerchfellatmung, kräftigere Brustatmung im unteren, schwächere im oberen Lungenbezirk.
- 3.) beide Arten kombiniert, bald Überwiegen der einen, bald der anderen und
- 4.) vorwiegend Brustatmung.

Den ersten dieser vier Atemtypen fand GREGOR (69) beim Menschen in frühen, den zweiten im späten Säuglingsalter. ("frühkindliche Bauch- und Flankenatmung"). Der dritte Typus ist an die Einnahme der aufrechten Körperhaltung, der vierte Typus endlich an die Ausbildung der Muskulatur des Schultergürtels geknüpft. Das neugeborene Kind atmet wie die Tiere mit Bauch und Flanken und zwar rasch und flach. Der Brustkorb wird dabei kaum gehoben, erweitert sich nur etwas nach der Mitte und erscheint infolge des senkrechten Abgangs der Rippen stark gewölbt. Die Frequenz der Atmung beim Neugeborenen ist erheblich größer als die in späteren Jahren. Die fast ausschließliche Zwerchfellatmung des Säuglings, das Beharren seines Brustkorbs in nahezu dauernder Einatmungsstellung und dessen geringe Atemschwankungen ändern sich mit der Entwicklung der Organe. Der Wendepunkt fällt in die Zeit, in der das Kind stehen und laufen lernt als Folge der aufrechten Körperhaltung. Das Zwerchfell liegt beim Kleinkind annähernd horizontal. Im späteren Kindesalter ist nach GREGOR (69) in erster Linie die große Mannigfaltigkeit in der Kombination von abdominaler und thorakaler Atmung festzustellen, durch welche das heranwachsende Kind befähigt ist, die Leistungen seiner Atemtechnik mit den vorhan-

denen Mitteln und äußeren Lebensbedingungen in Einklang zu bringen. Auch tritt bei jeder Atembewegung des wachsenden Menschen eine Abflachung der normalen Brustkyphose ein.

Erst im siebenten Lebensjahr ist die Atmungsform ähnlich der des Erwachsenen. Nach dem achten Lebensjahr tritt die völlige Verknöcherung der Wirbelbögen und-fortsätze ein. Daher sollen Wirbelsäulenverbiegungen vor Erreichung dieser Jahre beseitigt werden.

Die Atmung des Erwachsenen ist durch das Zusammenwirken von Brust- und Bauchatmung gekennzeichnet (DITTRICH, 43). Eine regelmäßige, mühelose, schmerzlose Atmung ist eine wichtige Voraussetzung für Wohlbefinden und Leistung. Die Physiologie der Atmung ist hinreichend bekannt; es sei nur kurz das Wesentliche gestreift. Blut und Kreislauf bilden die Voraussetzungen für den normalen Stoffwechselablauf in den Körperzellen. Eine besondere Stellung nimmt dabei jener Teil des Stoffwechsels ein, den man als Atmung bezeichnet. (REIN, 159) Atmung und Kreislauf gleichen zwei Ringen, die ineinander hängen; denn ohne Kreislauf keine Atmung, ohne Atmung kein Kreislauf. Das gilt sowohl für die innere als für die äußere Atmung. Auch die Atembewegungen unterstützen, ja ermöglichen den Kreislauf beim Menschen. Die Rückkehr des venösen Blutes zum Herzen ist vor allem eine Leistung der Einatmungsbewegung. Außerdem findet bei starker Ausatmung ein Druck der Bauchmuskeln auf den Inhalt des Bauchraumes statt. Da dieser Druck wie eine peristaltische Welle von unten nach oben aufsteigt, so fördert auch er den Bluttransport des venösen Blutes zum Herzen hin. Dies geschieht aber nicht nur, wie HOFBAUER (97) und HOCHREIN (96) meinten bei der Ausatmung, sondern auch beim Übergang von der Bauch- zur Brustatmung. (TIRALA, 196)

WELEMINSKY (214) äußert sich zur Physiologie der Atmung dahingehend, daß die Inspiration durch kurze Teilströme in den oberen Luftwegen, die Expiration durch einen von den kleinsten Bronchiolen bis nach außen gehenden Luftstrom charakterisiert ist.

Wie GERBIS (63) zum Ausdruck bringt, bedeutet es bereits eine Störung, wenn die Nasenatmung behindert ist. Sie dient der Vorwärmung, Anfeuchtung und Entstaubung der Raumluft. Außerdem warnt sie vor unangenehmen oder schädlichen Verunreinigungen durch Staub oder

Reizgase. Die wichtige Schutzfunktion der Flimmerzellenschleimhaut in den oberen und tieferen Luftwegen wird u.a. durch akute und chronische Katarre sowie durch klimatische Faktoren und durch Giftgase geschädigt. Der Körper verliert dadurch einen wertvollen Schutz. Die Folgen der chronischen Katarre sind bekannt; schließlich können auch Bronchiektasen und Emphysem auftreten.

DIE MECHANIK DER NORMALEN ATMUNG

Der Atemmechanismus ist eine Resultante aus zahlreichen Faktoren.

1. Der Thorax

Die Betrachtung des Atemmechanismus geht vom Thorax aus (BENNINGHOFF, 14).

Die Bewegungen der rhythmischen Erweiterung und Verengung des Brustkorbs sind nach FICK, R. (54) sehr kompliziert und ihre Analyse daher recht schwierig. Es handelt sich um Summierung und Kombination von Bewegungen in ca. 88 Knorpel- und Knochengelenken. Dazu kommt noch die Biegsamkeit der Rippenknorpel. Die 12 Rippenpaare bilden mit dem Brustbein den Brustkorb. Seine Ruhelage im Stehen kommt dadurch zustande, daß einerseits die 5 oberen Rippenpaare eine nach oben gerichtete Kraft besitzen, andererseits das Gewicht des Brustkorbes und seiner Weichteile einen Zug nach unten ausübt. Sie liegt der Einatmungsstellung näher als der Ausatmung. Das ganze Rippensystem befindet sich in elastischer Spannung. Bei der Einatmung nimmt der Brustkorb an Tiefe zu und an Höhe ab; bei tiefer Inspiration ist er daher breit, tief und kurz, bei tiefster Ausatmung jedoch schmal, flach und lang. Die Vergrößerung des Brustkorbes nimmt nach FELIX (51) bei der Einatmung von der 1. - 12. Rippe zu, weil die Rippen in nach unten zunehmendem Maß länger sind und steiler stehen.

Bei der Brustatmung unterscheidet v. MAYER (136) zwei Arten der Bewegung, nämlich die Unterrippenatmung, welche er für die leichtere Form der Brustatmung erklärt und die Oberrippenatmung, die beschwerlicher und deshalb überall da auftritt, wo die erste behindert ist. Auch FICK, A. (53) glaubt, zweierlei Brustatmungen annehmen zu sollen und beobachtete an sich selbst, daß er für gewöhnlich die "untere Rippenatmung" gebrauche. Sie geht mit lebhafter seitlicher Erweiterung der unteren Brustpartien einher und täuscht daher einen "unteren abdominalen" Charakter vor. Er glaubt geradezu, daß diese Atmungsart, die

nachweislich die Wirkung der *Mm. externi* ist, den "abdominalen Atemtypus" der Autoren darstellt. Sie tritt namentlich oft beim gewöhnlichen oder vornübergebeugten Sitzen ein. Während die untere Hälfte des Sternums unbedenklich entfernt werden kann, führt Resektion des Handgriffs und des oberen Körperteils nach FELIX-REHN (52), infolge Wirkung des Ligamentum sternopericardiacum superius zu paradoxer Atmung im Bereich der Resektionsstelle. Das Mediastinum macht Flatterbewegungen. Es kollabieren die Venen inspiratorisch, während sie expiratorisch sich erweitern. Stauung der Vena cava superior kann folgen. Die Resektionsstelle läßt sich schützen durch Spaneinpflanzung.

Die Kräfte, die die Brustwand bewegen, sind nach FELIX (51) die Skelettmuskeln, die elastischen Kräfte der Bänder der Rippenknochen und -knorpel, die elastischen Kräfte der glatten Muskeln der Lunge, die Muskeln der vorderen Bauchwand und schließlich die Neigung der Baueingeweide, sich nach ihrer Zusammenpressung wieder auszudehnen.

Wir trennen die Muskeln nach DITTRICH (43) in Ein- und Ausatmer sowie in Hilfs-ein und ausatmer. Die regelmäßige Einatmung wird von den *Mm. intercostales externi* und dem Zwerchfell besorgt. Zu den Hilfseinatmern zählen wir die *Mm. scaleni* und den *sternocleidomastoideus*. Der *M. serratus anterior*, die Brustmuskeln und der *M. subclavius* sind bei Feststellung der oberen Extremitäten (Orthopnoe) imstande, die Rippen zu heben. Die Rolle des *M. pectoralis minor* wurde in einer Heidelberger Dissertation von SCHELL (178) 1928 untersucht. Der *M. serratus posticus superior* wirkt gleichfalls als Einatmer, ebenso die langen Rippenmuskeln. Für die Ausatmung stehen gleichfalls nach DITTRICH (43) die *Mm. intercostales interni* interossei bereit, kurz interossei genannt. Neben der Aufgabe, die Rippen zu heben und zu senken, haben die Zwischenrippenmuskeln die Brustwand zu versteifen. Zu den Expiratoren gehört ferner der *M. transversus thoracis*. Hilfsausatmer sind der *serratus post. inf.*, der *quadratus lumborum*, der die 12. Rippe und mittelbar alle übrigen senkt, vor allem aber die Bauchmuskulatur.

Man faßt alle genannten Bewegungen, weil an ihnen die Rippen beteiligt sind, zusammen als den costalen (sternocostalen oder thoraka-

len) Typus der Atmung. Unter abdominellem Typus wird diejenige Bewegung verstanden, die ohne direkte Beteiligung der Rippen verläuft. Die Rippen stehen still, weil die Bauchdecken um so mehr nach außen ausweichen, je mehr sich das Zwerchfell senkt. Diese passive Vorwölbung des Bauches sieht man am Lebenden deutlich. (DITTRICH, 43) Die Veränderungen in der Atembewegung durch das Alter sind, wie DITTRICH (43) erwähnt, zum großen Teil bedingt durch die Verschiedenheiten des Brustkorbes in den einzelnen Lebensabschnitten. Von den Verhältnissen beim Neugeborenen und Kinde war bereits die Rede. Während das übrige Skelett am Ende der Pubertät (bei Mädchen etwa mit 16, bei Knaben mit 18 Jahren) seine Entwicklung abgeschlossen hat, können Brustkorb und Hüftbreite bis zum vierzigsten Lebensjahr wachsen. Im höheren Alter verringern sich Elastizität und Muskeltonus, die Rundrückenform der Brustwirbelsäule nimmt zu und die Höhe der Zwischenwirbelscheiben ab. Verkalkung und gegebenenfalls Verknöcherung der Rippenknorpel ist keine Alterserscheinung. Diese können vielmehr nach WENCKEBACH (216) schon vor dem zwanzigsten Lebensjahr auftreten. Die Zwischenscheiben der Wirbelsäule verknöchern auch im höchsten Alter nicht.

In gleicher Weise grundlegend wie das Alter ist der Einfluß des Geschlechts auf die Brustkorbform. DITTRICH (43) hat festgestellt, daß der männliche Thorax einen weiteren Umfang hat und absolut größer ist als der weibliche. Dies ist insofern von Bedeutung, da das Ausmaß des Brustkorbes die Größe der Lungen und diese wieder das Atmungsbedürfnis bestimmt. Ferner sind der männliche Brustkorb weiter, die Schlüsselbeine länger, die Schulterblätter stehen annähernd in der Frontalebene. Bei dem schmälern Brustkorb der Frau sind die Schlüsselbeine entsprechend kürzer und die Schulterblätter oft im Winkel bis zu 45° gegen die Frontalebene nach vorn gedreht.

Den Einfluß der Körperhaltung auf die Änderung der Brustkorbform und Atmung beschreibt DITTRICH (43) folgendermaßen:

Im Stehen werden durch das Gewicht der oberen Extremitäten, der Brusteingeweide und der Bauchwand die Rippen in ihren vorderen Anteilen gesenkt. Der Brustkorb wird länger, flacher und im oberen Teil schmaler. Durch die bei stehender Körperhaltung wirkenden Kräfte wird die normale Kyphose etwas vermehrt; die Atmung im Stehen stellt da-

her an die Leistungsfähigkeit der Atmungsmuskulatur größere Anforderungen als in allen übrigen Körperlagen (mit Ausnahme der hängenden). Trotzdem begünstigt das Stehen die Wirkung der Einatmung. Beim Sitzen können wir einen lässigen und einen gestreckt aufrechten Sitz unterscheiden. Im ersten Fall bilden Lenden- und Brustwirbelsäule eine Totalkyphose. Das Zwerchfell tritt tiefer und drückt die Baucheingeweide gegen die im Sitzen erschlaffte Vorderbauchwand. Dabei drängen sich sowohl von oben wie von unten her die Rippenringe gegen eine Mittellage zusammen, so daß der Brustkorb in seinem unteren Teil an Breite und Tiefe zunimmt. Bei der zweiten Sitzform, dem aufrecht geraden Sitz, tritt keine Totalkyphose ein; sie behindert aber wie der lässige Sitz die Zwerchfellatmung, wenn auch in geringerem Grade als diese.

Die horizontale Rückenlage bewirkt eine Richtungs- und Größenänderung des Gewichtszuges, wobei der Brustkorb in Einatmungsstellung tritt, die Rippen gehoben, die Brustkyphose abgeflacht und das Zwerchfell hochgedrückt werden; bei der horizontalen Verschiebung hat das Zwerchfell schwerere Arbeit zu leisten als im vertikalen Stand der Versuchsperson.

Beim Stehen ist also eine größere Wirkung der Ein-, beim Liegen der Ausatmung möglich.

Die ersten Atemmessungen wurden an Schlafenden vorgenommen. In diesem Zustand atmet der Mann auch fast ausschließlich mit dem Brustkorb, was in erster Linie mit der horizontalen Lage zusammenhängen dürfte. Bei Seitenlage werden die Rippenbögen der aufliegenden Seite gesenkt, die der freien gehoben; im ersteren Falle ist daher die Bewegung der Rippen gehemmt, im zweiten haben sie ausgiebigere Entfaltungsmöglichkeit. Die Atemtätigkeit der freien Seite ist die ausschlaggebende. Bei ihr bedingt die Hebung der Rippen eine neue Gleichgewichtslage, aus der der Weg der Rippen zur tiefsten Ausatmungsstellung länger, der zur höchsten Einatmungslage kürzer geworden ist. Daher ist in Seitenlage die Ausatmung begünstigt, die Einatmung erschwert.

Bei Bauchlage wird die Einatmung behindert, die Verkleinerung des Brustkorbes und die Wirkung der Bauchmuskeln unterstützt.

Seitwärtsbiegen des Rumpfes ist mit Zusammendrücken der Rippen auf der konkaven Seite, mit Auseinanderziehen derjenigen der konvexen Seite verbunden. Diese Verschiebung ist bei den unteren Rippen augenfälliger als bei den oberen.

Die Kraft unserer Inspirationsmuskulatur konnte nach STIEGLER (189) dadurch ermittelt werden, daß die Versuchsperson, während sie durch einen Schlauch atmosphärische Luft ein- und ausatmet, so tief unter Wasser tauchte, bis der Wasserdruck keine Inspiration mehr zuließ. Die Versuche wurden an mehreren Versuchspersonen in einem 3 1/2 m tiefen Becken der Militärschwimmschule in Wien angestellt. Die Versuchspersonen, die sich an einem Brett festzuklammern hatten, wurden samt den Luft zuführenden und abführenden Schläuchen und einer Notleine in die entsprechenden Tiefen des Beckens versenkt. Schon in ganz geringen Tiefen war die Atmung erschwert und bei 192-200 ccm in horizontaler Lage der Versuchsperson überhaupt nicht mehr möglich; der Aufenthalt in dieser Tiefe wurde nur einige Sekunden unter einem heftigen Beklemmungsgefühl ertragen. Als der Verfasser selbst einmal einen Druck von 200 ccm Wasser, immer vorausgesetzt, daß unter dem Wasser Luft von Atmosphärendruck geatmet wird, auf sich einwirken ließ, wäre er fast ein Opfer der Wissenschaft geworden. Es stellte sich ein Delirium cordis und Dilatation ein. Ein späterer Anfall fesselte den Verfasser 7 Wochen ans Bett. Das Herz kann eben unter diesen Umständen gegen den starken auf die extrathorakalen Gefäße wirkenden Druck nicht aufkommen. Es stellt sich durch Stauung in Lungen und Herz dann Dilatation ein.

2. Das Abdomen

HAUSMANN (80) bespricht in zitierter Arbeit den Einfluß des Atmens auf die Bauchdecken unter verschiedenen Verhältnissen. Die Technik der Tiefenpalpation beruht nicht, wie in manchen Lehrbüchern zu lesen sei, auf einer bestimmten Fingerhaltung, sondern darauf, daß wir die Manipulation bei diaphragmaler Atmung und nur im Expirium ausführen und zwar im Takt, rhythmisch, synchron der respiratorischen Phase der Atmung.

Das Zwerchfell stellt nach LANDOIS-ROSEMANN (124) eine Scheidewand zwischen Brust- und Bauchhöhle dar, die in Form einer Doppelkuppel in den Brustraum hineinragt. Auf seine thorakale Fläche wirkt der elastische Zug der Lungen. Die elastische Spannung der Bauchdecken beeinflusst den intraabdominalen Druck. Dieser drängt Leber, Magen und Milz gegen die abdominale Fläche des Diaphragmas. Die komplizierte Funktion des Zwerchfells teilt DILLON(42) in eine statische und eine dynamische. Eine statische, da der Muskel Brust- und Bauchhöhle voneinander trennt, und eine dynamische, weil er sich an Atmung, Kreislauf und Verdauung beteiligt. Die Behauptungen älterer Forscher, das Diaphragma sei der Hauptatemmuskel, hat DITTRICH (43) widerlegt. Nebst vielen Gründen sprechen die Erfahrungen bei künstlicher Zwerchfell-Lähmung dagegen. Das Zwerchfell kann nach DITTRICH (43) bei der Atmung still stehen, sich gleichsinnig oder paradox bewegen. Im allgemeinen betätigt es sich periodisch automatisch und synchron mit "anderen" Atemmuskeln und seine Bewegungen können willkürlich geregelt werden. Von der Größe seiner Ausschläge hängt vor allem die sogenannte abdominelle Atmung ab. Bei der Respiration führt es eine doppelte Bewegung aus, eine passive und eine aktive. Eine passive, weil es zum Teil von einer nicht feststehenden, sondern sich bewegenden Ansatzfläche, der Brustwand entspringt, und eine aktive dadurch, daß es sich kontrahiert. (DITTRICH, 43) Seine Gesamtbewegung erfolgt nach CHAOUL (28) von der Mitte der Zentralsehnenplatte in Richtung gegen den Nabel hin.

Die normale Zwerchfelleinatmung erweitert den Brustraum vor allem in vertikaler Richtung.

Das Zwerchfell sitzt dorsal tiefer an als ventral. Bei Kontraktion erzeugt es einen Stoß nach ventral und kaudal. So bewegt es die Bauchwand nach vorn und senkt die unteren Rippen. Dabei eilt in der Norm die Kontraktion des Zwerchfells der Bewegung der Rippen in der Phase voran. Zu Beginn der Einatmung senken sich beide Zwerchfellkuppen durch die Zusammenziehung des Muskels, (Beweis: Röntgen) gegen Ende steigen sie wieder empor, weil das Gesamtzwerchfell an der Rippenhebung teil hat. Ist der Hochstoß der Rippen ein sehr bedeutender, dann kann das Zwerchfell am Ende der Atmungsphase höher stehen als vor Beginn der Einatmung, dies ist eine pseudoparadoxe

Bewegung des Zwerchfells. Die Bewegungen seiner beiden Hälften erfolgen in der Norm gleichzeitig. Das Ausmaß jedoch und die Kontraktionsstärke einzelner Muskelbündel selbst derselben Seite ist ungleich. Die Bewegung des Diaphragma ist dadurch nicht einfach. Aktiv ist das Zwerchfell nur an der Einatmung beteiligt. Dabei muß es den sogenannten negativen Druck, d.h. den nach den Anheftungsstellen der Lungen hingerrichteten, in ihnen wirksamen Zug überwinden. Es kontrahiert sich vor allem in seinen muskulösen, lateralen und dorsalen Teilen und eröffnet dadurch die Komplementärräume, in die sich die Lungenkanten hineinschieben. Die sehnige Mitte, die an Herzbeutel und Mittelfell verankert ist, gibt gewöhnlich nicht nach, erst bei tiefer Einatmung rückt sie etwas einwärts. (WENCKEBACH, 217) Das Aufsteigen des Zwerchfells bei der Ausatmung ist für DITTRICH (43) ein passiver Vorgang. Der Abdominaldruck treibt es besonders beim Schreien, Niesen und Husten empor. Auch in Rückenlage macht sich diese Einwirkung geltend. Der Umfang seiner Atemausschläge ist im Liegen am größten. Stellung und Tätigkeit des Brust- und Bauchhöhle trennenden Muskels hängen also weitgehend von den Druckwerten in diesen beiden Körperhöhlen ab. (DITTRICH, 43) Auf einige Besonderheiten der Zwerchfellatmung sei noch hingewiesen. Der vordere Ansatzpunkt des Zwerchfells an den Rippen liegt wesentlich höher als der dorsale Ansatzpunkt desselben, so daß es im Sagittalschnitt einen nach vorn unten konkaven Bogen bildet. Der Angriffspunkt der Kontraktionskraft der Zwerchfellmuskeln im Centrum tendineum liegt etwa in der Mitte dieses Bogens.

Nicht unerwähnt möge in diesem Zusammenhang die Feststellung ROEMHELD'S (162) bleiben, daß nämlich forcierte Zwerchfellatmung, wie man bei Röntgenuntersuchungen bemerkte, eine Verbreiterung des Mittelschattens hervorruft, die 2 - 4 cm betragen kann. Zwerchfellatmung bedingt also ferner eine longitudinale Streckung der Aorta, die von ihrem Elastizitätsgrad abhängig ist. So ergibt sich die Möglichkeit einer Aortenmassage. Selbige ist nach Ansicht des Verfassers indiziert, sowohl prophylaktisch bei Gesunden wie bei Herz- und Gefäßkranken. Bei Ausführung derselben läßt man morgens und abends im Bett 15 - 20 mal langsam extrem tief einatmen und dosiert den auf das Zwerchfell auszuübenden Druck, indem man durch die Hände die Bauchpresse mehr oder weniger unterstützt. Diese Methode wurde nach

ROEMHELD (162) bei Hypertonie, gastrokardialen und anginoiden Zuständen durchgeführt.

Auf Pressung schweren Grades weisen nach DITTRICH (43) die gestauten Adern des Halses und die angespannte Gesichtsmuskulatur, ferner der Klang der Stimme bei der tönenden Ausatmung. Die fehlerhafte Mitspannung der Bauchmuskeln bei der Ausatmung und damit die Pressung ist häufiger zu beobachten als man denkt. Das Auspressen der Luft ist unnatürlich. Je elastischer der Brustkorb ist, desto besser wird der Patient von selbst ausatmen, ohne seine Bauchmuskeln mit einzusetzen.

Die Funktionsweise des Zwerchfells ist, wie GÜNTHER (74) mitteilt, in klinischen, röntgenologischen und experimentellen Untersuchungen unter physiologischen und pathologischen Bedingungen eingehend studiert worden. Besonders eindrucksvoll sind die Beobachtungen, die HESS (91) bei der Erforschung der die Atmungsform gestaltenden Regulationsmechanismen im Tierversuch am Zwerchfell bei breit eröffnetem Thorax und Änderung der Lungenfüllung durch eine Trachealkanüle machen konnte. Es zeigte sich, daß jede zusätzliche Lungenblähung durch ein Nachlassen vom Tonus des Zwerchfells beantwortet wird, wobei das Zwerchfell in den Brustraum emporsteigt. Umgekehrt ließ sich bei Retraktion der Lungen (nach Ablassen der Luft durch die Trachealkanüle) eine Zunahme vom Tonus des Zwerchfells mit einer Verschiebung der Atmungsmittellage in inspiratorischer Richtung beobachten. Diese Abhängigkeit des Zwerchfelltonus von der Lungenblähung bestand ebenfalls, wenn das Tier vorher in einen apnoischen Zustand versetzt wurde. Der Tonus beeinflußt aber auch die Form der Atembewegungen nach Frequenz und Amplitude. Die Atmung nimmt je nach dem stärkeren oder geringeren Entfaltungszustand der Lungen einen mehr expiratorisch oder mehr inspiratorisch betonten Charakter an. Der Nachweis eines spezifischen Substrates der Bewegungs- und Halteleistung des Zwerchfells - und, wie schon früher beim Menschen festgestellt, auch der Intercostalmuskeln - trägt nun zum Verständnis pathologischer und pathophysiologischer Störungen im Bereich der Atemmuskulatur sowie der Einwirkung von Pharmaka auf diese bei.

Die Magenperistaltik ist nach PLASCHKE (149) von vielen Faktoren abhängig, unter denen der Wandspannung des Magens bisher keine größere

Bedeutung zugerechnet wurde. Die Steigerung der Wandspannung führt im Sinne einer Peristaltiksteigerung zu dem Wandspannungsreflex. Dieser Reflex ist auch durch einige tiefe Atemzüge zum Vorschein zu bringen. Diese Beobachtung PLASCHKEs (149) erklärt auch das Seufzeratmen bzw. das Gähnen bei Magenbeschwerden der Neurotiker, die häufig am Pylorusspasmus leiden und eine durch tiefe Inspiration erfolgte Steigerung der Peristaltik dem Spasmus zur Lösung helfen. Praktisch hat der Wandspannungsreflex in der Röntgenologie Bedeutung, wo die reflexauslösende Wirkung der Atmung bei Beobachtung der Füllung des Duodenums am Schirmbild verwertet werden kann.

Fast alle Untersuchungsergebnisse über die Gallensekretion beruhen auf Tierversuchen, vornehmlich von Hunden. Gewöhnlich wird eine Gallenblasenfistel verwendet. HERMANN (88) sieht die klinisch schlechte Zugänglichkeit des Gallenwegssystems beim Menschen als eine der Hauptursachen an, warum sein Studium so schwierig ist. Schon allein durch Eröffnung der Bauchhöhle nämlich zur Beobachtung der Gallengangsfunktion wird eine große Fehlerquelle erschlossen, da sie einen wichtigen Hilfsfaktor der Entleerung, nämlich den Einfluß der Atmung auf die Gallenwege, zum Teil ausschaltet. Die histologischen Untersuchungen über den Oddi'schen Schließmuskel selbst sind nicht eindeutig. Während NUBOER (144) noch das Aneinanderreihen der queren und Längsmuskulatur an manchen Stellen für so geordnet und mit der Duodenalmuskulatur verflochten ansieht, daß er die Entstehung des Oddi'schen Muskels von der Darmmuskulatur ableitet, beschreibt WESTPHAL (220) eine Bindegewebsschicht, die den Sphinkter von der Gallenmuskulatur deutlich trennt. Nur ganz dünne Muskelfasern des Duodenums hängen mit dem Sphinkter zusammen. Heute müssen neben der einwandfrei nachgewiesenen Ringmuskulatur teils längs - teils querverlaufende, z.T. durcheinandergeflochtene Fasern in dem Bereich des Schließmuskels unterschieden werden. Diese Muskulatur ist nicht so stark wie die eigentliche Ringmuskulatur (HELLY, HENDRICKSON 82,83). Um einen Anhalt für die Richtigkeit dieser Anschauungen selbst zu gewinnen, wurden in dem Giessener pathologischen Institut (HERZOG, 90) bei 4 Gallenwegspräparaten Schnittserien vom Ductus hepaticus u. -choledochus angefertigt, die die Anschauung restlos bestätigten. In keinem dieser Fälle konnten außerhalb des Oddi'schen Schließmuskels und der Gallenblasenmuskulatur an den Gallenwegen Muskelfasern gefunden wer-

den. Um die Partialdrücke in den Gallenwegen auswerten zu können, wurde der Öffnungsdruck des M.sphinkter Oddi nomometrisch bestimmt. Er bewegt sich um 210 mm H₂O-Druck. Unter den Partialdrücken ist der von der Atmung abhängige Druckanteil der bedeutendste. Bei Unterdruck in den Gallenwegen hilft die Atmung mit, den M. sphinkter Oddi zur Entleerung der Gallenwege zu zwingen. Bei Druck über dem Arbeitsbereich des Oddi'schen Schließmuskels ist die Atmung bedeutungslos. Damit wird eine Druckkonstanz in den Gallenwegen erreicht, die neben den Sperrmechanismen, die dem gleichen Zweck dienen, einen Schutz der Leberzellen vor mechanischem Überdruck zum Ziel hat.

3. Die Atembewegungen der Lunge

In der Lungenwurzel besitzt die Lunge nach den Angaben DITTRICHs (48) einen Festpunkt, der im wesentlichen keine Atembewegungen ausführt. Von dort aus dehnt sich die Lunge bei der Einatmung nach den verschiedenen möglichen Richtungen aus, bei der Ausatmung ziehen sich ihre einzelnen Teile wieder gegen die Lungenwurzel hin zusammen. Die Atembewegungen einzelner Lungenpartien in ihrer absoluten Größe sind also wesentlich durch die relativen Bewegungen derselben von der Lungenwurzel weg und gegen diese hin bestimmt. Deshalb ist klar, daß diejenigen Punkte, die sich in großer Entfernung von der Lungenwurzel befinden, verhältnismäßig große Atembewegungen ausführen, während die der Lungenwurzel benachbarten Punkte bei der Atmung nahezu in Ruhe bleiben.

Bei der Einatmung strömt die Luft hauptsächlich wie KREUZFUCHS (120) zum Ausdruck bringt in die basalen Lungenteile und wird auch von den Lungenspitzen Luft dahin weggezogen; umgekehrt gelangt bei der Ausatmung die aus den basalen Teilen gepresste Luft nicht ganz nach außen, sondern wird z.T. in die Lungenspitzen getrieben. Dieser wechselseitige Lungenzustand wird als antagonistische Partialatmung bezeichnet.

FULDE (59) prüfte die Wirkungen elektrischer Reize auf Vagus und Sympathicus bei intakten und unterbrochenen Nervenbahnen. Es ergab sich, daß Erregung des Vagus zu Expiration, Erregung des Sympathi-

cus zu Inspiration führt. Die Impulse laufen im Vagus zentripetal, im Sympathicus zentrifugal. Beide Nerven sind zu einer regulierenden funktionellen Einheit zusammengeschlossen.

Beim Atmen in verdichteter Luft nimmt die Anzahl der Atemzüge in der Zeiteinheit ab. Die Einatmung ist verkürzt, die Ausatmung verlängert. Diese Feststellung übermittelt uns WOLF, H. (229), der gleichzeitig glaubt, daß diese Untersuchungen GADS (60), der im Vagus zentripetal die Atmung hemmende Bahnen entdeckt hat, das Phänomen hinreichend erklären. Der Vagustonus wird durch eine künstlich vertiefte Einatmung verkürzt, die Ausatmung verlängert.

4. Die Atmung als Ganzes

Die Leistungsfähigkeit der Atmung für sich allein betrachtet, würde in einem unrichtigen Licht erscheinen, wollten wir nicht auch den Zusammenhängen nachgehen, welche die Leistung der Atmung mit der Arbeitsleistung des menschlichen Körpers verbinden. Kernpunkt dieser ist nach ROSENBAUM (166) nicht die Muskeltätigkeit, sondern der Gesamtenergieumsatz (in Kalorien ausgedrückt) des Körpers. Als wichtigstes Ergebnis hebt DITTRICH (43) hierbei hervor, daß die Leistung der Atmung insbesondere hinsichtlich ihrer Anpassung in erster Linie von der Leistungsfähigkeit der Atmung abhängt. Um einen Maßstab für die durchschnittliche Größe der Atembewegungen zu bekommen, scheint es zweckmäßig, dem Abschnitt einige Zahlenangaben über die Grundwerte der Atmung, wie sie DITTRICH (43) angibt, beizufügen. Diese Grundwerte stehen in einer gewissen Beziehung zur Körperlänge L (in Zentimeter) und dem Körpergewicht G (in Kilogramm). Man erhält nach von SMITH (188) angegebenen Grundwerten als Verhältnswert $V : L$ bei $L = 155$ cm den Wert 25,5 bei $L = 184$ cm den Wert 30, also nicht ganz konstant, sondern mit dem Körpergewicht etwas zunehmend. Für den Verhältnswert $V : G$ ergibt sich dagegen bei $G = 85$ Kg der Wert 65. Also mit zunehmendem Körpergewicht etwas fallend. Diese Zahlen lassen erkennen, daß lange Personen eine verhältnismäßig große, schwere Leute eine verhältnismäßig geringe Atemleistung = Vitalkapazität besitzen.

HOFBAUER(102) hat die Vitalkapazität von 507 Sportlern beider Geschlechter zwischen 14 - 42 Jahren untersucht. Er kommt auf Grund der Betrachtung in verschiedenen Altersgruppen zu der Auffassung, daß der von WORRINGER (234) behauptete Einfluß typischer bestimmter Sportarten nicht vorhanden sei. Indessen muß aus seinen Daten erwähnt werden, daß seine Hauptgruppe der Erwachsenen, die allein zahlenmäßig ausreichend besetzt ist, sich nur wenig von den Ergebnissen von WORRINGER (234) unterscheidet, nur dass die Werte des letzten allgemein etwas höher liegen.

Über die Bilanz zwischen Atemleistung und Atembedürfnis äußert sich DRESER (44) dahingehend, daß eine energische Expiration für die Lungenlufterneuerung mehr leistet, als die tiefe Inspiration. Die Nutzanwendung für pathologische Zustände mit drohender Verschlechterung der Lungenluft liegt auf der Hand. Kräftige Expirationsbewegungen werden nicht nur mechanische Hindernisse beseitigen, sondern in vorteilhafter Weise den Luftgehalt der Lungen verbessern und erneuern. Es erhellt daraus die Zweckmäßigkeit der nauseosen Expectorantien, die, wie die Niesmittel der älteren Medikamente durch unfreiwillig starke Expirationen, welche mit rudimentären Würgbewegungen verbunden sind, das Sekret entfernen und die Lungenluft erneuern können. Eingeschränkt wird das Atembedürfnis und zugleich die Atemleistung durch pharmakologische Agentien, wie Morphin, Heroin, die eine größere Muskelruhe bewirken.

Der Unterschied der zeitlichen Dauer von Einatmungs- und Ausatemungsperiode wird, wie DITTRICH (43) uns bekannt gibt, bestimmt durch die Geschwindigkeit, mit welcher der Atemweg durchströmt wird. Diese hängt unter anderem von dem Verhältnis des Anfangs- zum Enddruck ab. Je größer es ist, desto größer ist die Geschwindigkeit und desto kleiner somit die Zeit, die zum Durchlaufen eines Weges von gegebener Länge mit dieser Geschwindigkeit erforderlich ist. Da bei der Einatmung das Verhältnis von Anfangs- zu Enddruck wegen niedrigen Enddruckes groß sein kann, so begünstigt die Einatmung die Erzeugung großer Geschwindigkeiten und die Herabsetzung der Einatmungszeit. Da andererseits bei der Ausatmung das Verhältnis von Anfangs- zu Enddruck wegen nur geringer Steigerungsfähigkeit des Anfangsdruckes im allgemeinen kleiner sein wird, kommen bei der Ausatmung durch-

schnittlich keine so großen Geschwindigkeiten zur Entfaltung wie bei Einatmung, so daß die Ausatmungszeiten im allgemeinen größer sind als die Einatmungszeiten. In der Norm schwankt das Verhältnis von Einatmungszeit zu Ausatmungszeit etwa im Bereich von 1 : 1 bis 1 : 2. Ebenso vertritt DITTRICH (43) den Standpunkt, daß für die Arbeit, die von der Atemmuskulatur bei der Einatmung geleistet werden muß, die Einströmungsarbeit der Atemluft in die Lunge als Maß dienen könnte. Sie ist dem Produkt aus dem mittleren Einströmungsdruck und dem Atemvolumen direkt proportional und wäre die innere Arbeit, die zwar die Strömungswiderstände der Atemluft nicht aber die mechanischen Widerstände der Brustkorb- und Zwerchfellbewegung berücksichtigt.

Unter Atmungslage wollen wir mit DITTRICH (43) im Gegensatz zu der Beeinflussung der Atmungsform durch die Körperlage die Atmung im einen oder anderen Abschnitt des zur Verfügung stehenden Atmungsbereiches verstehen. Dieses Atmungsbereich ist gleich der Maximalkapazität, die in zwei Hauptabschnitte, die Residualluft und die Vitalkapazität zerfällt, deren Summe sie ausmacht. Die Restluft ist in größerem Maß nur unter pathologischen Verhältnissen in engen Grenzen veränderlich; in der Norm kann sie als konstant betrachtet werden. Die Atmung des Gesunden vollzieht sich im Bereich der Vitalkapazität, in dem das in seiner Größe in weiten Grenzen veränderliche Atemvolumen zwischen Hilfs- (Reserve)Luft und Ergänzungs- (Komplementär) Luft eingeschoben ist. Das Atemvolumen begrenzen wir nach unten durch die veränderliche Ausatmungslage schlechthin. In der Mitte zwischen beiden befindet sich die Mittellage der Atmung oder die Mitte des Atemvolumens. Die Mittellage wandert mit dem Atemvolumen. Die Veränderlichkeit der Stellung dieser Mittellage der Atmung im Bereich der Vitalkapazität ist es, was wir letzten Endes als Atmungslage betrachten wollen.

REED und KLEITMANN (157) berichten von Beobachtungen an 9 gesunden Personen (im Alter von 20 - 40 Jahren), darunter 2 weiblichen Geschlechts. Weder die Tageszeit noch das Alter noch das Geschlecht der Versuchspersonen beeinflussten das Ergebnis. In 5 Versuchen unter 30 war die Atmung während des Schlafes verlangsamt, in 12 Fällen blieb sie unverändert, und in 13 Fällen wurde sie beschleunigt. In 18 Fällen blieb der Atmungstyp der gleiche wie im wachen

Zustand. Auffallend waren Unregelmäßigkeiten der Atembewegungen. Unter den 30 Fällen fand man 16 mal deutliche Unregelmäßigkeiten des Brust- und des Zwerchfellatmens beim Einschlummern. Nur bei einer Person blieb die Atmung ganz **gleichmäßig**. In der Regel war sie anfänglich normal, wurde beim Einschlummern sehr unregelmäßig und im tiefen Schlaf wieder regelmäßig. Beim Erwachen wurde sie bisweilen vorübergehend unregelmäßig, in anderen Fällen blieb sie regelmäßig.

Für die Analyse der Atembewegung dient, wie DITTRICH (43) angibt, das ruhige, das Bauchatmen als Ausgangspunkt. Beim Mann verharrt dabei der Brustkorb äußerlich fast völlig in Ruhe, nur die Bauchwand hebt und senkt sich und zwar so, daß sich der Oberbauch beim Einatmen wölbt und beim Ausatmen wieder abflacht. Bei der tiefen Brustatmung hingegen hebt und senkt sich der ganze Brustkorb. Dabei treten eine Reihe von Formänderungen des Körpers auf. Diese bestehen beim Einatmen in einer Erweiterung des Thorax nach allen Richtungen; die mittlere Halsgrube sinkt ein in dem Maß als die Kopfnickermuskeln (sternocleidomastoidei) strangförmig vorspringen. Das untere Ende der Schilddrüse wird vorgedrängt.

Wir werden überhaupt die Atembewegungen in ihrer Gesamtheit am besten verstehen, wenn wir zunächst dem Vorschlag DITTRICHs (43) folgen und die Bewegungen bei den einzelnen Atemtypen betrachten. Wir unterscheiden zwei Atemtypen, die Rippenmuskel- und die Zwerchfellatmung. Bei der Rippenmuskelatmung mit FELIX (51) wiederum zwei, eine Art, bei der die Erweiterung des Brustkorbes hauptsächlich in sagittaler und eine, bei der sie in frontaler Richtung erfolgt. Der sagittale Typ stellt die Jugendform, der frontale die Normalgestalt des Brustkorbes der Erwachsenen dar. Bei ruhigem Atmen der meisten Menschen besteht kein reiner Atemtyp: "Von Mensch zu Mensch schwankt nur die Größe des prozentualen Anteils beider Typen an der Gesamtatmung. Man sollte deshalb von einem gemischten Atemtypus mit vorwiegender Rippenmuskelatmung oder vorwiegender Zwerchfellatmung sprechen." (SAUERBRUCH, 172)

Die gelöste und natürliche Atmung in der Ruhe wie beim Sprechen und Bewegen geht, wie aus den Angaben von SCHAARSCHUCH (176) ersichtlich, mit einer unaufhörlichen, sanften Bewegung des unteren Leibrau-

mes und seiner ringförmigen Hülle einher. Gleichsinnig mit der Hülle des Brustraumes weitet und engt sich die Hülle des Raumes unterhalb des Zwerchfells fühlbar nicht nur von vorn, sondern seitlich im unteren Rücken bis hin zum Beckenbodengebiet. Schmalwerden beim Aus-, Weitwerden beim Einatmen. Bei einer falschen Spannung der Bauchmuskeln setzt nicht nur stark die Bauchpresse beim Ausatmen ein, sondern es kommt auch zur Gegenbewegung des Leibes, Vorwölben während der Ausatmung, Heranholen während der Einatmung. Am deutlichsten sichtbar wird diese umgekehrte Bewegung beim willkürlichen "Tief"atmen, beim Sprechen, Husten, Pusten, Niesen und Schreien. Bei schweren Fällen von Bauchmuskelschlaffheit resp. Verhärtung setzt die rechte Atmung nicht ein.

Die ausgiebige, zwerchfellbewegte Durchschwingung des Körpers bei gelöstem Basisatmen ermöglicht erst die zuverlässige, ausdauernde Arbeit der äußeren und inneren Atmung, der Drüsen, des Kreislaufs und des Herzens.

BOHR (18) faßte die Erweiterung der Lungen beim akuten Lungenemphysem "als einen kompensatorischen, zweckmäßigen Reflex auf, der geeignet ist, den Organismus den an ihn gestellten Anforderungen zu akkommodieren" und erklärte das chronische Emphysem auf dem gleichen Wege. Das primäre Leiden bewirkt, daß die Oberfläche der Lunge wegen Schwundes der Septa abnimmt und die Gefäße, was in diesem Zusammenhang das wesentliche sein dürfte, z.T. obliterieren. Der Patient wird gezwungen, um den hierdurch der Funktion bereiteten Schwierigkeiten abzuhelpfen, unwillkürlich mit mehr gefüllten Lungen zu atmen. Seine Residualluft nimmt zu.

Die Flankenatmung beruht nach HOFBAUER (101) auf dem Zusammenspiel expiratorischer Bauchmuskel- und inspiratorischer Zwerchfelltätigkeit. Den Bezirk der Flanken bilden die Seitenwände der 7. - 10. Rippe zwischen der vorderen und hinteren Achselhöhlenlinie. Flankenatmung kommt durch Seitwärtsheben der Arme zustande. HÖRNICKE (106) will sie öfters bei gesunden Kindern beobachtet haben. Nach DEPPE (41) dagegen ist sie nur vorhanden, wenn die Flankengegend bei der Einatmung so ausgebuchtet wird, daß ihr relatives Quermaß über das des oberen Brustabschnittes hinausragt; so bilden die Flanken auf der Höhe der Einatmung gewissermaßen eine stehende Ausbuchtung.

Er hält die Flankenatmung nicht für einen physiologischen, sondern pathologischen Vorgang. Sie beruhe neben konstitutioneller Veranlagung auf Mangel an Lockerung. Im Kindesalter, dem solche Lockerung zukommt, gebe es keine Flankenatmung.

Die sich aus den Angaben der Autoren ergebenden Widersprüche hinsichtlich der Flankenatmung sind m.M. aus den verschiedenen Auffassungen vom Wesen dieser Atmungsart zu verstehen. DITTRICH (43) sah sie ausgesprochen nur in zwei Fällen von starker Skoliose. Die normale unbeeinflusste Atmung setzt sich aus Brust- und Bauchbewegungen zusammen. Es ist die Vollatmung. Bei ihr ergänzen sich die Bewegungen der Brustwand und des Zwerchfells; wo die eine nicht möglich ist, tritt die andere ein, z.B. in Seitenlage. Die kostale Atmung steht jederzeit bereit, in die abdominelle einzugreifen. (DITTRICH, 43)

Im Atmungstypus werden nach DEPPE (40) landläufig die Abdominal- und die Costal- oder Thorakalatmung unterschieden, je nachdem die Volumschwankungen des Thorax mehr durch die Bewegungen des Zwerchfells oder der Rippen bewirkt werden. Was HUTCHINSON (107) 1852 sagte: "Die Atmung des Mannes vollzieht sich nach dem abdominalen, die der Frau nach dem kostalen Typus", läßt sich in dieser scharfen Gegenüberstellung nicht aufrecht erhalten, wenn auch eine Bevorzugung der betreffenden Atmungsart bei den Geschlechtern vorhanden ist. Auch soll die besondere jedem Menschen eigentümliche Atmungsart eng mit seiner durch die Erbmasse bedingten ganzen Körperart verbunden sein. Daß bei den Atmungsbewegungen mehr als $\frac{1}{3}$ der Körpermasse (Körperstammwandung, Inhalt von Bauch- und Brusthöhle) beteiligt sei, geht auf die Meinung DITTRICHs (43) zurück. Nach LANDOIS und ROSEMAN (124) ist dieser Unterschied allerdings im ersten Lebensjahrzehnt noch nicht nachweisbar, sondern bildet sich erst später heraus. Allerdings weist z.B. MINKOWSKI (139) darauf hin, daß einerseits die rein abdominelle Atmung eine erschwerte Atmung darstellt, die es in der Norm auch beim Mann nicht gibt. Ja im Schlafe hören auch beim Mann die Zwerchfellbewegungen fast ganz auf, so daß die Atmung sich dem Brusttyp nähert. Ebensowenig gibt es andererseits bei der Frau eine reine Brustatmung, denn der Röntgenschirm zeigt auch bei der Frau Zwerchfell-

bewegungen, allerdings ist der Durchschnitt um 2 cm geringer als beim Mann. Somit ist die Ansicht, daß beiden Geschlechtern verschiedene Atemtypen eigen sind, ins Schwanken geraten; auch beteiligen sich, wie MINKOWSKI (139) betont bei wirklicher vertiefter Atmung Rippenheber und Zwerchfell bei beiden Geschlechtern in gleicher Weise. Interessant war ein Vergleich der einzelnen Atmungsarten über ihren gesundheitlichen Wert, wie er sich am Körper der Kinder offenbarte. Bei Kindern, die nur mit dem Bauch atmeten, wurde unter anderen auch von DEPPE (40) wiederholt beobachtet, daß sie - auch bei ausdrücklicher Aufforderung - mit der Brust überhaupt nicht atmen konnten. Die Brust war dann meist abgeflacht, die Schultern hingen vor, und die Kinder zeigten nicht selten einen allgemeinen krankhaften Zustand. Demgegenüber waren die Kinder mit Brustatmung viel vorteilhafter daran, es schien, als ob diese in weit ergiebigerer Weise für eine ausreichende Durchblutung des Körpers sorgte. Am besten allerdings schnitten nach DEPPEs (40) Behauptung die Kinder mit Bauch- und Brustatmung ab, sie zeigten fast durchweg eine gute Atmung und gesunden Körperzustand. Von praktischer Bedeutung folgt daraus, daß wir beim Suchen nach der "besten" Atmung uns nicht mit dem Ausdruck begnügen dürfen: "Die natürliche Atmung ist die richtige!" Im gesundheitlichen Sinn kann nur die Atmungsart befriedigen, die zur gründlichen Durchlüftung der Lungen und so des ganzen Körpers führt. Dies ist aber allein, wie DEPPE (40) kund tut, die Bauch- und Brustatmung.

Die Atembewegungen beim Sprechen und Singen beobachtete SCHILLING (180) vom phonetischen Standpunkt aus. Dabei ergab sich, daß während des Sprechens (Zählens) beim Mann der epigastrische, beim Weib der abdominelle Atemtypus im Vordergrund steht. Beim Singen macht sich der Einfluß der Schulung geltend. Bei geübten Stimmen überwiegt der epigastrische und abdominale Typ. Beim älteren Kinde tritt der kostale mehr hervor. Während in Ruheatmung die Bewegung der Brust und des Bauches nahezu synchron sind, herrscht nach GUTZMANN (72) beim Sprechen ein "physiologischer Asynchronismus", indem die thorakale Atemkurve noch steigt, während die abdominelle bereits fällt. HOFFMANN (104) sah hingegen auch Synchronismus beim Sprechen. Nach SCHILLING (180) zeigt die Atembewegung im allgemeinen bei Beginn der Einatmung einen deutlichen Synchronis-

mus, beim Beginn der Ausatmung, namentlich der Sprech- und Singatmung, einen ausgesprochenen Asynchronismus. Dieser findet seine Erklärung u.a. in einem beim Kunstgesang in besonderer Weise ausgenutzten Zusammenarbeiten zwischen zwei als "Antagonisten" geltenden Muskelgruppen, dem Zwerchfell und den Bauchdeckenmuskeln, zur Erreichung einer zweckmäßigen Wirkung. Für gute Leistungen im Singen und Sprechen ist also die volle Funktionsfähigkeit sowohl der Brustkorb- wie der Zwerchfellatmung erforderlich. Die Brustkorb- und Zwerchfellatmung stellt eine doppelte Sicherung der Luftbeschaffung dar, die sich besonders für Singen und Sprechen als nützlich erweist. Offenbar kann durch Übung erreicht werden, den physiologischen Asynchronismus eine zeitlang willkürlich beizubehalten. Bei Ausfall einer der beiden Atembewegungen (wie z.B. bei Phrenikuslähmung) kann eine derartige Wirkung, nämlich der genannte Asynchronismus, nicht mehr erzielt werden. (DITTRICH, 43)

Die besonderen anatomischen Einrichtungen der Nase lassen nach den Ausführungen DITTRICHs (43) diese besonders als Ein- und Ausgangspforte der Luft bei der Atmung geeignet erscheinen. Ein- und Ausatemungsluft haben dort ihren genau vorgezeichneten verschiedenen Weg, an dem die Einatemungsluft streng gebunden ist. Die den Vorbau der Nasenhöhle bildenden Knorpelscheiben sind gegeneinander beweglich. Durch Zusammenziehung des Nasenmuskels (*M. nasalis*) wird der die Scheidewand unten abschließende Hautwulst verdickt und die seitlichen Nasenteile der Scheidewand genähert. Die Bewegungen der Nasenflügel sind für die Respiration von Wichtigkeit. Bei der Einatemung nämlich wird durch sie die Nasenöffnung verengt, bei der Ausatemung erweitert. TRAUTMANN (198) weist darauf hin, daß eine Reihe von Infektionskrankheiten ihre Eingangspforte in der Mundhöhle und insbesondere in den Tonsillen hat. Normalerweise finden sich in den letzteren pathogene Bakterien. MARZIKOWSKI (134) konnte bei seinen Versuchen im Sekret von der Oberfläche und aus der Tiefe der Krypten von Mandeln abgeschwächte Diphtheriebazillen und öfter den Tuberkelbazillen ähnliche Stäbchen feststellen. WALSHAM (212) konnte bei 34 vergrößerten Tonsillen 21 mal Tbc. feststellen. Durch die Arbeit von FRIEDMANN (57) wurde konstatiert, daß, wie für andere Infektionskrankheiten, so auch für die Tbc. die Gaumentonsillen als Eingangspforte in Betracht kommen. Nach ULLMANN (202) spricht in

einigen Fällen von Typhus, in denen Darmgeschwüre nicht nachgewiesen werden, die Ähnlichkeit des Mandelgewebes mit Peyer'schen Plaques dafür, daß ersteres die Eingangspforte für Typhus sein kann. Derselbe Autor ist auch der Meinung, daß bei Scharlach häufiger als man denkt, die gleiche Ätiologie vorhanden ist. Auch der Gelenkrheumatismus selbst sowie diejenigen Erkrankungen, welche mit demselben in Verwandtschaft stehen, werden mit einer Angina ätiologisch in Zusammenhang gebracht. Das Gleiche gilt von den Beziehungen zwischen Angina und Endocarditis. PACKARD (146) beschreibt 5 Fälle von Endocarditis, die alle mit einem Auffall von Mandelentzündung begannen. Auf Grund dieser angeführten Beispiele, die von verschiedenen Autoren wie PACKARD (146), WALSHAM (219), MARZIKOWSKI (134) bestätigt wurden, kann man wohl mit gutem Gewissen der Ansicht SWEENEYs (194) beistimmen, wenn er sagt: "Die entzündete Gaumentonsille ist eine häufige und gewöhnliche Ursprungsstätte pathologischer Vorgänge, die schließlich den gesamten Organismus in Mitleidenschaft zieht. Überdies rät ULLMANN (202) bei Sektionen, bei denen die Ätiologie fieberhafter Erkrankungen nicht nachzuweisen ist, unbedingt eine Untersuchung der Tonsillen einzuschließen.

In den weitaus meisten Fällen aber bleibt die Erkrankung auf die Tonsillen beschränkt. Es wäre ein falscher Schluß, die Mandeln als solche für die zahlreichen von ihnen ausgehenden Infektionen verantwortlich zu machen und den Wegfall der letzteren anzunehmen, wenn die Tonsillen entfernt sind. Im Gegenteil, die Tonsillen bilden für die Propagation vieler Erkrankungen eine Barriere und einen Infektionsfänger, der die Krankheit lokalisiert und sie am Fortschreiten zu verhindern sucht. Erst sekundär nach Überwindung dieser Barriere wird der übrige Organismus befallen. PACKARD (146) vergleicht ihre Tätigkeit mit derjenigen anderer lymphatischer Gewebe im Körper, wie z.B. der Lymphknoten. Infolgedessen hat man die Tonsillen gewissermaßen als eine Schutzvorrichtung - bis zu einem gewissen Grade - aufzufassen, und es ist geboten, die Abtragung derselben nur von bestimmten Erwägungen aus vorzunehmen.

Ogleich die Mandeln als eine Schutzvorrichtung angesehen werden müssen, so ist dieselbe doch eine beschränkte und steht hinter derjenigen ganz wesentlich zurück, welche durch die physiologische Be-

schaffenheit der Nasenhöhlen gegeben ist. MADER (130) hat in einem Vortrag hierauf speziell hingewiesen und die außerordentliche Bedeutung derselben den Infektionskrankheiten gegenüber als Abwehr hervorgehoben. Die Nasenhöhlen stellen demnach einen zweiten Infektionsfänger und zwar den hauptsächlichsten dar, weil unter normalen Verhältnissen der Mund geschlossen bleibt und die Respiration und mithin auch die Inspiration von Infektionskeimen durch die Nase vor sich geht. So sollen die zahlreichen Nasenkatarrhe eine Lokalisierung verschiedener Krankheiten bedeuten. Nach Ansicht MADERs (130) führt eine Obstruktion der Nase durch irgendwelche Bedingungen nicht nur zum ganzen oder teilweisen Verlust solcher Schutzvorrichtungen, sondern auch zu einer Schädigung der übrigbleibenden und damit zur Erhöhung der Infektionsgefahr, in erster Linie natürlich von Mund und Rachen besonders der Tonsillen.

MANCIOLI (131) geht in seinem Referat über die Bedeutung der Atmung durch die Nase beim Arbeiter vom folgenden Standpunkt aus: "Die Nase stellt ein komplexes System für die Reinigung und Regulierung von Menge und Druck der eingeatmeten Luft dar." Die Atmung durch den Mund ist weniger rhythmisch und weniger häufiger als diejenige durch die Nase. Der Arbeiter, der mit Gasen und Staub in Berührung kommt, erleidet Schädigungen vor allem akute oder chronische Entzündungen. Chromate, Arsenik, Soda erzeugen Geschwüre des Nasenseptums mit evtl. Perforation. Hg-Dämpfe können das Z.N.S. erreichen. (Lipoidlöslichkeit) Hygroskopischer Staub (sehr feines Sägemehl z.B.) hinterläßt eine Schleimhautatrophie. Beim Individuum mit Nasenstenose dringt während des Schlafes die Luft in zu kleiner Menge und unter ungenügendem Druck in die Lungen. Dies vor allem beim Kleinkind, bei welchem Laryngospasmus, Asthma bronchiale, heftiger Husten und Enuresis nocturna hinzutreten.

Nase und Mund unterscheiden sich als Atemwege wesentlich in dreifacher Beziehung. (DITTRICH, 43)

1. durch die Verlaufsrichtung.
2. durch die verschiedene Form des Querschnitts.
3. durch die Beschaffenheit der inneren Schleimhaut.

Die Mundatmung allein stellt, wie es DITTRICH (43) zum Ausdruck bringt, eine unnormale und daher falsche Weise der Atmung dar. Die geringe Durchlüftung der Lungen beim Mundatmer tritt u.a. in einer Vergrößerung des Hilusschattens im Röntgenbild in Erscheinung. Mit der Nasenatmung weitet sich vor allem der Brustkorb. Beim Mundatmer und Bettlägerigen bewegen sich die oberen Teile des Thorax im allgemeinen weniger. DITTRICH (43) faßt die stärkere Beteiligung der oberen Brustkorbbabschnitte bei geschlossenem Mund so auf, daß in diesem Fall die Notwendigkeit besteht, die Luft durch die engeren Nasenöffnungen mittels verstärkter Kraft einzuziehen. Dem Schwimmer ist Mundatmung aus folgenden Gründen erlaubt:

1. des Zeitgewinns wegen.
2. weil er reine Luft atmet.
3. weil die hohe Armhaltung beim Schwimmen die obere Atmung auch bei Mundatmung zur Geltung kommen läßt.

5. Die Regulierung der Atmung

Das Hauptatemzentrum liegt in der Medulla oblongata, aber auch Teile des Mittelhirns und der Medulla spinalis sind an der Regulierung der Atmung beteiligt. Das Rückenmark vermittelt hier in der Hauptsache einfache Hilfsreflexe, welche beim feineren Ausbau der Atembewegungen und bei Ausgleich von Störungen in Tätigkeit treten.

(DITTRICH, 43)

Die wichtigste Aufgabe der Atemregulierung - die Darstellung fußt auf den HESSschen Forschungen - (die Regulierung der Atmung veröffentlicht 1931) (91) ist die Sicherung des Gasaustausches, des respiratorischen Stoffwechsels, durch eine angepaßte Ventilationsgröße. Diese wird bestimmt durch den Chemischen Regulationsmechanismus, welcher weitaus der wichtigste ist. Der physikalische Regulationsmechanismus - eine Stufe tiefer zu stellen - ist peripherer Natur, er gestaltet die Atmungsform durch Beherrschung der Atmungstiefe und -frequenz. Für diesen sind der Grad der Lungenfüllung und die hierdurch am Skelett erzeugten Spannungen, also der mechanische Reiz maßgebend. In einer dritten Schicht gleichsam arbeiten die Reflexe, durch welche die Muskelspannungen gegen die Bewegungswiderstände ausreguliert und

beschränkte Abänderungen der auf den höheren "Ebenen" stattfindenden Regulationen vorgenommen werden. (DITTRICH, 43) Die Umsetzung des chemischen Dauerreizes in die rhythmische Bewegung stellt offenbar eine Eigentümlichkeit, eine autonome Fähigkeit des Atemzentrums dar. Die Leistungsfähigkeit der Atmungsregulierung hinsichtlich der Ventilationsgröße können wir bei körperlicher Arbeit erkennen; bei höchster Energieentfaltung kann die in der Minute durch die Atembewegung geförderte Luftmenge mehr als das zehnfache derjenigen bei Körperruhe betragen.

GAGEL (61) schreibt den kleineren Zellen der substantia reticularis die Funktion des Atem- und Vasomotorenzentrums zu. Diese Formelemente sehen den Intermediärzellen ähnlich. Gemeinsam mit MÜLLER (141) untersuchte GAGEL (61) das Atemzentrum in der Substantia reticularis im Thalamus scriptorius. Die Ganglienzellen liegen dort spärlich und haben viel Blutgefäße dazwischen, so daß das venöse Blut rasch auf sie einwirkt. Zu dem Namen selbst Substantia bzw. Formatio reticularis ist zu bemerken, daß selbiger auf das Aussehen dieser Gegend auf einem Markscheidenbild zurückzuführen ist, auf dem infolge der Durchflechtung von Grau- und Markfasern ein netzartiger Bau zustande kommt. Von der großen Ausdehnung der Substantia reticularis im verlängerten Mark, Brücke und Mittelhirn vermitteln am besten Sagittal- und Horizontalbilder einen Begriff. (MÜLLER und GAGEL, 141)

KRAMER (117) erläutert in seinem Referat über neue Ergebnisse in der Atmungsregulation auf dem Stand von 1942 die Aufgaben der atemregulierenden Maßnahmen des Körpers. Näher geht er auf die Beobachtungen von GEPPERT und ZUNTZ (62) ein, die an tetanisch gereizten Tieren gemacht wurden, und wobei weder die Blutgase noch irgendwelche anderen nervösen Prozesse ursächlich für die Atemsteigerung in Frage gekommen sein sollen. Ihre Vorstellung von Atmungshormonen wird an Hand der Untersuchungen von KRAMER und GAUER (118) als unbegründet zurückgewiesen. Neuere Untersuchungen, die aus der LINDHARDschen und HEYMANNschen (126) Schule stammen haben den Vorzug, daß sie eine einheitliche Theorie der Atemregulierung ermöglichen. Die Kohlensäure ist hiernach ein adäquater Reiz für das Atemzentrum. Dessen Erregbarkeit aber wird durch die chemosensiblen Zonen des Karotissinus und Arcus Aortae gesteuert.

Für die Bewegungen der verschiedenen Teile des Atmungsapparates macht DITTRICH (43) primäre und sekundäre Faktoren verantwortlich, die die Bewegungen nur bis zu gewissen allgemeinen grundsätzlichen Zusammenhängen zeitlich und der Größe nach gemeinsam ordnen, im übrigen aber einzeln frei wirksam sind (HESS, 91). Die primäre Atmungsregulierung kann bei der Durchführung der Bewegung nicht allen Einflüssen im voraus Rechnung tragen und erfährt deshalb durch eine sekundäre Atmungsregulierung eine Ergänzung. So werden die bei der Körperarbeit ergebenden Änderungen der Thoraxstellung und der Spannung der Bauchdecken die Beweglichkeit von Brustkorb und Zwerchfell in starkem Maße beeinflussen. Eine Bindung des Ablaufs der Atembewegungen an einen speziellen und starren Bewegungsentwurf müßte daher fortwährende Störungen der Atemtätigkeit zur Folge haben. Tatsächlich ist jedoch die Bewegungsgestaltung elastisch durch koordinierende und adaptierende Reflexmechanismen. Sie halten den Atmungsbetrieb auch unter von der Norm abweichenden Bedingungen aufrecht.

Eine weitere Gruppe von Reflexen, welche die Fortdauer der Atmung durchbrechen, dienen dem Schutze der Atmungsorgane gegen schädigende Einflüsse. Als wichtigste sind zu nennen: der Husten- und Niesreflex, welche eingedrungene Fremdkörper nach außen zu befördern haben; dem Ablauf dieser Reflexe folgt eine refraktäre, etwaige Reize nicht aufnehmende Phase; ferner steht die Atmung beim Schlucken und Brechen still.

Ohne erkennbare Beziehungen zu den respiratorischen Funktionen sind gewisse Fremdreflexe, wie plötzlicher Kältereiz, die Schmerzhyperproe, In- und Expirationsbewegungen bei Reizung des Ischiadicus mit schwachen resp. starken elektrischen Strömen.

Da das "Atemzentrum" mit höheren Zentren in Verbindung steht, ist eine Beeinflussung seiner Tätigkeit durch den Willen möglich. Wenn auch im allgemeinen die Atmung unbewußt erfolgt, so können wir doch auf Zahl und Tiefe der Atemzüge eine gewisse Zeit hindurch willkürlich Einfluß üben. Die Möglichkeit eines solchen Eingreifens erlaubt es, eine individuelle Atmung auszubilden und diese dann wieder durch Ausschleifen von Nervenleitungen automatisch zu machen. Die Willküratmung hat aber auch ihre Grenzen. So ist man nicht imstande, der Atmung dauernd seine Aufmerksamkeit zu widmen. Leicht stel-

len sich unangenehme Zustände von Asphyxie oder Hyperventilation ein. Besonders GUTZMANN (73) war es, der seine Aufmerksamkeit auf die willkürlichen Veränderungen der Atmung richtete. Die Untersuchungen wurden mittels des GUTZMANNschen (73) Gürtelpneumographen vorgenommen. Der Vorgang als solcher ist dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe eines Gummischlauches, der mittels eines Gurtes um den Leib befestigt wird, die Atmungsbewegungen auf einen Schreibhebel übertragen und auf einer rotierenden Trommel registriert werden. Dabei zeigt sich, daß bei gesunden Personen die In- und Expirationsbewegung am Thorax und Abdomen meist gleichzeitig, die thorakale Bewegung dagegen durchschnittlich eher etwas früher einzusetzen pflegt. Dieses Bild ändert sich aber sofort, sobald die Personen sprechen. Dann zeigt sich in der Bewegung der Bauchatmungsbreite Expiration, während der Thorax noch ansteigt und erst nach durchschnittlich einer Sekunde die höchste Inspirationsstellung erreicht. Aus diesen Verhältnissen geht hervor, daß die willkürliche Beeinflussung der Atmung durch den Sprechvorgang der thorakalen Atmungsbewegung das Übergewicht über die Abdominalbewegung verleiht. Bei gewissen Störungen der Sprache (motorische Aphasie, Taubstummheit, Stottern) und bei psychischer Alteration zeigen sich dagegen die zeitlichen Verhältnisse während des Sprechens ebenso, wie während der Ruheatmung.

Die Atmung erfolgt im allgemeinen un- oder unterbewußt; erst an der Grenze der Leistungsfähigkeit tritt die Atmung in die Bewußtseinsphäre z.B. des Sportausübenden ein (KNOLL, 114). Es tritt subjektive dann objektive Atemnot ein. Die Grenze der Leistungsfähigkeit ist dann erreicht, wenn der Körper die größte zulässige Sauerstoffschuld (16 - 20 Liter) eingegangen ist. 1930 berichtete FLEISCH (55) in der Schweizer Medizinischen Wochenschrift über von ihm aufgedeckte Reflexe, die in den Ablauf des einzelnen Atmungsvorganges eingreifen und die Stärke der Muskelaktion je nach dem Bedürfnis der intendierten Atmungsphase erhöhen bzw. erniedrigen. Diese Reflexe werden immer dann ausgelöst, wenn in den Atmungsweg ein Extrawiderstand rasch ein- bzw. rasch ausgeschaltet wird.

Eine gründliche Analyse der sogenannten propriozeptiven Atmungsreflexe ergibt Resultate von vorläufig unverständlicher Natur. Wenn bei Tieren die hinteren Wurzeln C_3 bis C_7 beidseitig und das Rücken-

mark unterhalb C_7 durchschnitten werden, wenn ferner beide Hals-sympathici und beide Hals-vagi durchtrennt sind, so bestehen doch noch reflektorische Beziehungen zwischen der Mechanik des Atmungsvorganges und dem Atmungszentrum. Trotz dieser Durchschneidungen spürt das Atmungszentrum, ob in den Atmungsweg ein Extrapwiderstand ein- oder ausgeschaltet ist. Es merkt auch den Moment der Widerstandseinschaltung bzw. Ausschaltung und reagiert darauf in charakteristischer Weise. Welches nach den genannten Durchschneidungen die afferenten Bahnen sind, durch welche das Atemzentrum diese Kenntnis erhält, ist vorläufig dunkel.

In den modernen Theorien der Atmungssteuerung gewinnen nach den Anschauungen REICHELS (158) die nervalen Regelmechanismen immer mehr an Bedeutung auch dann, wenn man nicht so weit geht wie russische Autoren, die die entscheidende Rolle der arteriellen CO_2 -Spannung für die Lungenventilation ablehnen. MARSHAK (133) begründet diese Auffassung mit der Tatsache, daß die Ventilation bei Tätigkeit einer Gliedmasse erhöht bleibt, wenn die arbeitende Muskulatur durch eine Kompressionsmanschette von dem übrigen Kreislauf abgeschnürt wird. Die Zusammensetzung der Einatemluft ist möglicherweise der Faktor, der die bekannten Einflüsse des Klimas auf das Z.N.S. erklären könnte. Nach Versuchen von FREY (56) könnte die depressive Stimmung bei Föhn auf der negativen Ionisation der Luft beruhen. Künstlich positiv ionisierte Luft hat eine das allgemeine Wohlbefinden fördernde Wirkung, die durch negative Ionisation wieder aufgehoben wird.

Die Lehre von der sogenannten Selbststeuerung der Atmung stellte BREUER (21) auf. Nach dieser sind in jedem Atemzuge zwei verschiedene Reflexakte tätig; die Wirkung des einen, durch die Einatmung ausgelöst, besteht darin, die Inspiration bei einer gewissen Lungenfüllung zu hemmen und auf Expiration umzuschalten, die des anderen gerade im entgegengesetzten Sinne wirkenden darin, die Expiration in Inspiration umzuwandeln, sobald die Ausatemungsentleerung der Lunge einen bestimmten Grad der Lungenentspannung herbeigeführt hat. Diese Lehre von der Selbststeuerung der Atmung wurde dadurch erschüttert, daß HESS (91) nachwies, daß die Atembewegungen selbst die Amplitude und Frequenz der Atmung nicht beeinflussen, daß viel-

mehr der Steuermechanismus eine von der Peripherie der Lunge und den Rippengelenken ausgehende Tonisierung des Atemzentrums zur Ursache hat. Zu jedem Tonisierungszustand gehört eine gewisse Zwerchfelldauerspannung, die als Vorspannung betrachtet werden kann, dem sich rein physikalisch durch die Atembewegungen hervorgerufene Spannungswechsel überlagert.

Beim Atmen durch in die Luftzufuhr eingeschaltete Stenosen tritt nach BASS (9) eine Erhöhung der Mittellage der Atmung ein, die nach Atropininjektion ausbleibt. Es wird daraus auf reflektorische Einflüsse des Nervus vagus geschlossen, die bei erhöhten Anforderungen an die Atmung besonders hervortreten.

ROHRER (163) hat zur Untersuchung über die Wirkung lähmender und erregender Stoffe auf das Atemzentrum Tierversuche mit 2 Präparaten Theobyl (Roche), einem Theobrominderivat und einem löslichen Kampferpräparat, das intravenös gegeben werden kann, angestellt und kam dabei zu folgendem Schluß, daß bei niederliegender Tätigkeit des Atemzentrums eine erhebliche Steigerung der Atemfrequenz und des Minutenvolumens eintritt. Die Versuche WIELANDS (222) dagegen - durchgeführt an Tauben - zeigten, daß Methan und Chloralhydrat die Erregbarkeit des Atemzentrums verminderten, Kampfer, Lobelin es direkt erregten.

In Gemeinschaft mit MEYER, R. hat WIELAND (223) festgestellt, daß das Lobelin beim Kaninchen intravenös in kleinen Dosen erregend auf das Atemzentrum und auf die Vaguskerne (Blutdrucksenkung, Pulsverlangsamung, Bronchialkrampf) wirkt, bei Steigerung der Dosis erfolgt jedoch Atemlähmung, schließlich tonisch-klonische Krämpfe. Bei der praktischen Anwendung muß man zur Erregung des Atemzentrums für längere Zeit eine konstante geringe Konzentration im Blut erhalten, wozu am besten die subcutane oder intramuskuläre Injektion geeignet ist, nur ausnahmsweise die intravenöse (mangelhafte Resorption infolge Kreislaufschwäche).

BECKMANN (13) stellte fest, daß unter dem Einfluß seelischer Erregung durch Ereignisse des täglichen Lebens (durch klinische Vorstellung bei Patienten, Prüfung von Examenskandidaten) die normalerweise konstante Kohlensäurespannung der Alveolarluft regelmäßig herabgesetzt wird. Diese Senkung der Kohlensäurespannung während see-

lischer Erregung ist wohl auf eine Erhöhung der Erregbarkeit des Atemzentrums gegenüber dem physiologischen Reiz zu beziehen. Die gelegentliche Beobachtung, daß beim Hunde nach Durchschneidung der vorderen Rückenmarkshälfte im oberen Teile des 3. Halssegmentes sofort Atemstillstand eintrat, gab ROTHMANN (169) Veranlassung über die spinalen Atmungsbahnen Versuche anzustellen, deren Resultate sich auf die Folgeerscheinungen nach partieller Durchschneidung des Rückenmarkes stützen und die dahin zusammengefaßt werden, daß der größere Teil dieser Bahnen im ventralen Abschnitt des Seitenstranges, der kleinere im lateralen Abschnitt des Vorderstranges verläuft. Die für das Zwerchfell bestimmten Fasern ziehen im ventralen Teil des Seitenstranges. Der dorsale Teil des Seitenstranges und der processus reticularis des Rückenmarkes kommen für die Leitung der Atmungsreize nicht in Frage.

Zur Lehre von den bulbären und spinalen Atmungs- und Gefäßzentren beim Menschen bemerkt TRENDLENBURG (199), daß eine solche Ausschaltung durch Abkühlung des Blutes der Karotiden möglich ist, bei Wiedererwärmung des Blutes stellt sich der ursprüngliche Zustand wieder her. Auch durch Abkühlung des Bodens der Rautengrube und durch Ringkühlung des oberen Halsmarkes waren entsprechende Funktionslähmungen zu erzielen. Unter Anwendung dieser Methodik ließ sich beobachten, daß das führende Atemzentrum und die den Gefäßstrom beherrschenden Zentren im Kopfmark gelegen sind, und daß die einwandfrei isolierten spinalen Zentren keine rhythmischen Atembewegungen unterhalten.

6. Rhythmus und Frequenz der Atmung

Die Frequenz der Atmung ist nach DITTRICH (43) ein wichtiges Merkmal der Atembewegung. Sie ist umgrenzt durch etwa 6 - 48 Atembewegungen in der Minute. In extremen Fällen kann die obere Grenze noch erheblich höher liegen und 100 und mehr betragen. Der Norm entsprechen 12 - 16 Atemzüge pro Minute. Im Trainingszustand der Sportsleute gehen die Ruhewerte dieser Frequenzen auf 6 - 10/Minute, ja noch tiefer herunter (SCHENK, 179). In großer Höhe sinkt die Atemfrequenz, dabei steigt die Ventilation. Die Ventilationserhöhung erklärt wohl, daß in Höhen von 5 - 7000 m ein Bedarf von 3-7-10

Atemzügen für jeden Schritt bergauf beobachtet wurde. (KNOLL, 114)

Ein Einfluß des Geschlechtes auf Rhythmus und Frequenz der Atmung stellt DITTRICH (43) kaum fest; er kommt fast nur in der relativen Leistungsschwäche der Frau gegenüber dem Mann zum Ausdruck. Ausgeprägter ist dagegen der Einfluß des Alters; wenngleich auch hier die Leistungsunterschiede entscheidend in Erscheinung treten. So pflegen Jugendliche nach sportlichen Leistungen eine stärkere Frequenzsteigerung bei gleicher Ventilationsgröße aufzuweisen als erwachsene, sportlich gut trainierte Leute. Nach KNOLL-ARNOLD (115) ist der Brustkorb als ein um eine Ruhelage schwingendes Massensystem aufzufassen, dessen einzelne Teile gestängeartig untereinander verbunden sind. Die elastischen Kräfte der Lunge bzw. deren normale Nullage und die tiefste Schwerpunktslage der an dem Massensystem angreifenden Schwerkraft bestimmen die Null- oder Ausgangslage des schwingungsfähigen Systems. Als Kräfte, welche die Massen aus der Nulllage herausdrücken, wirken die muskulären Kräfte des Brustkorbes. Ein zweites schwingungsfähiges System bildet das Zwerchfell, dessen Nullage durch den Druckausgleich zwischen Bauch- und Brusthöhle zustandekommt, während als bewegende Kraft die Zwerchfellmuskulatur wirksam wird. Diese beiden schwingungsfähigen Systeme bewirken nun durch ihre periodisch erfolgenden Ausschläge die Atmung und ihren Rhythmus. Ihre Bewegung erfolgt, wie wir sahen, in der Form im wesentlichen synchron miteinander und ohne erheblichen Unterschied der Schwingungsphase. Von großer Wichtigkeit ist die Beziehung zwischen Atemfrequenz und anderen bei Körperbetätigung auftretenden Frequenzen. Jede Bewegung, die nicht dem natürlichen Rhythmus entspricht, führt viel rascher zur Ermüdung als andere Bewegungen. Das Wesen der Rhythmusökonomie bei körperlicher und sportlicher Arbeit besteht in der Zusammenarbeit zweier nervös gesteuerter Rhythmen, deren einer die Atmung, deren anderer die Bewegungen des Körpers reguliert (SCHÖNDUBE, 183). Sie steht in dieser Hinsicht in einer Linie mit der Rhythmusanpassung der einzelnen bewegten Körperteile untereinander, die ebenfalls dem Ökonomieprinzip entspricht, und deren Erlernung von den meisten Menschen bei nicht schwierigen Bewegungsvorgängen spontan erfolgt. (DITTRICH, 43)

Eine Beziehung zur Atemfrequenz einer nachfolgenden und einer vorausgegangenen Atmungsperiode stellte DITTRICH (43) beim Vor- und

Nachatmen fest. Beide stehen mit der bei körperlicher Arbeit entstehenden Sauerstoffschuld (HILL, 94) in Zusammenhang. Beim Voratmen soll die Kohlensäure des Körpers durch Ventilation auf ein Minimum herabgesetzt, andererseits in den roten Blutkörperchen eine Reserve von Sauerstoff angesammelt werden, um so die Spanne bis zur Entstehung der bei der Arbeit sich einstellenden Sauerstoffschuld zu vergrößern und die Atmung während der Arbeit einzuschränken oder entbehrlich zu machen, wie dies z.B. beim Tauchen erforderlich ist. Aber auch bei Kurzstreckenläufen wird die Atmung zeitweilig stark eingeschränkt, selbst beim Sprechen und Singen kann die Voratmung von Bedeutung werden.

Die Nachatmung ist nach jeder größeren Arbeitsleistung erforderlich. Sie dient der Ablüftung der während der Arbeit (oft wegen verminderter Atmung) im Körper angereicherten Kohlensäure sowie der Spaltung der bei der Muskelarbeit entstandenen Milchsäure in ihre Grundstoffe (H, O etc.).

Eine eigenartige Frequenzänderung erfährt die Atmung, wenn wir aufmerksam hören wollen. DITTRICH (43) bringt dies damit in Zusammenhang, daß die Atmung stets mit geringen inneren Geräuschen verbunden ist, die teils in den Bronchien, teils in der Stimmritze, dem Nasen-Rachenraum und dem Nasenvorhof ihren Sitz haben mögen und durch die turbulente Durchmischung der Atmungsluft hervorgerufen werden. Die entstehenden Geräusche werden sowohl durch die Eustachische Röhre wie durch die Knochen- und Gewebsmassen dem Ohr zugeleitet. Überschreiten sie eine gewisse Stärke, so stören sie die von außen an das Ohr gelangenden Schallwirkungen. Das Bedürfnis, die Atemgeräusche zwecks besserer Lautwahrnehmung von außen einzuschränken, wird sich insbesondere bei leisen Tönen einstellen. Da die Stärke der inneren Geräusche mit der Geschwindigkeit der Strömung der Atmungsluft zunimmt, vermindert sich z.B. automatisch die Frequenz der Atmung beim Abklingen eines Tones. Offenbar aber hat die Erscheinung der Frequenzänderung auch noch eine reflektorische Komponente, denn wir "halten" beim Anklingen eines Tones nicht nur "den Atem an", sondern u.U. "stehen uns auch Herz und Atem still", wenn wir eine bestimmte Erscheinung, z.B. mit dem Gehör wahrnehmen. Dies kann im guten und im schlechten Sinne zu verstehen sein.

Über den Einfluß des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen geben uns die Untersuchungen von WOLPERT (323) Auskunft. Diese wurden an nackten und bekleideten Personen im Respirationsapparat ausgeführt, in dem sie je $1/2$ Stunde verblieben. Die daraus sich ergebenden Resultate zeigten:

1. Gibt sich die Wirkung des Windes durch, wenn auch geringgradigste Kältesymptome zu erkennen, so sind Atmungsgröße sowohl, wie Kohlensäurebildung nebst Sauerstoffverbrauch, auch die Wasserdampfabgabe aus Respiration bedeutend höher als bei Windstille.
2. Unter mittleren Verhältnissen, wo man bewegte und unbewegte Luft unterschiedslos für die Wärmeempfindungen hinnimmt, werden Atmungsgröße und Kohlensäurebildung durch den Wind nicht beeinflusst, die Wasserdampfabgabe jedoch bedeutend durch den Wind herabgesetzt.
3. Bei höheren Temperaturen, etwa 30° , wo bewegte Luft als Annehmlichkeit empfunden wird, ist die Atmungsgröße durch den Wind gesteigert, die Kohlensäurebildung etwas herabgesetzt, ebenso die Wasserdampfabgabe und zwar bedeutend durch den Wind.
4. Ist die Luft wärmer als der Körper, dann sind Atmungsgröße durch Kohlensäurebildung in bewegter Luft höher als in ruhender Luft; die Wasserdampfabgabe in bewegter Luft bedeutend höher als in ruhender Luft.

Die oft aufgeworfene Frage des Wettereinflusses auf die Atmung und die Erkrankung der oberen Luftwege beantwortet BLUMENFELD (17) dahingehend, daß der Durchzug atmosphärischer Unstetigkeitsschichten eine krankheitsauslösende Wirkung hat. Beim Vordringen wie beim Zurückströmen der Äquatorialfront häufen sich die Erkrankungen der oberen Luftwege.

TOMASZEWSKI (201) hat mit einer neuen Methode an 54 Personen die Puls- und Atemfrequenz fortlaufend registriert und den Einfluß verschiedener psychischer Reize untersucht. Geistige Arbeit (Rechner) hat eine verhältnismäßig starke Einwirkung auf Puls und Atmung, ebenso Schreckzustände, gespannte Erwartung, während traurige Vorstellun-

gen und teilweise auch Schmerzempfindungen Pulsverlangsamung hervorrufen. Thermische Reize gehen nicht selten mit Pulsverlangsamung und Atmungsbeschleunigung einher. Bei den einzelnen Versuchspersonen bestanden erhebliche individuelle Verschiedenheiten.

HERST und NEBULONI (86) stellten, um über den Einfluß der Ermüdung auf Gaswechsel, Puls und Atmung näheres zu erfahren, Respirationsversuche mit dem Apparat von ZUNTZ und GEPPERT (237) an einer Versuchsperson an, während gleichzeitig am Fahrradergometer Arbeit geleistet wurde. Der Verbrauch nach Schluß der Arbeit wurde nicht untersucht. Mit dem Eintritt der Ermüdung beginnt der Sauerstoffverbrauch zu steigen und erreicht seinen Maximalwert um so rascher, je schwerer die Arbeit ist. Diese Steigerung wird auf das Einsetzen von Hilfsmuskeln zurückgeführt. Die Steigerung der Pulsfrequenz und der Ventilation verläuft ungleichmäßig. Beide erfahren ebenso wie der O_2 Verbrauch im toten Punkt eine starke Erhöhung.

Die Aufzeichnung von Puls und Atmung ergaben nach PUTZIG (153) folgendes Bild:

Bei normaler Atmung und mittlerer Pulsfrequenz findet während der Inspiration eine Beschleunigung, während der Expiration eine Verlangsamung des Pulses statt. Die durchschnittliche "Spannungsgröße" (größte Differenz) beträgt 12 Pulse. Bei hoher Pulsfrequenz fehlt diese Änderung der Pulsfrequenz, ebenso bei oberflächlicher schneller Atmung; bei tiefer Atmung nimmt die Spannungsgröße bis zu 26 Pulsen zu. Bei den Inspirationsversuchen fand sich während des aktiven Inspiriums eine Beschleunigung von 14 Pulsen; in der ersten Phase des Dauerinspiriums (Stillstand in Inspirationsstellung) eine Verlangsamung um 12 Pulse, dann kehrte die Frequenz zur Norm zurück und blieb bis auf eine kurze Beschleunigung auch in der Nachwirkungsperiode unverändert. Bei den Expirationsversuchen fand sich während der aktiven Expiration keine über die Norm hinausgehende Verlangsamung, in der Zeit des Dauerinspiriums eine geringe Beschleunigung; in der Nachwirkungsperiode kehrte die normale Frequenz wieder. Bei den kombinierten Atmungsversuchen zeigten sich während der Inspirationssphasen die entsprechenden Veränderungen; die aktive Expiration rief aber eine durchschnittliche Beschleunigung von 9 Pulsen hervor, der in der ersten Phase des Dauerexpiriums eine gleich große Verlangsamung folg-

te; in der zweiten Phase stellte sich die normale Frequenz wieder her und blieb auch in der Nachwirkungsperiode unverändert.

Die Atmung ist in Rhythmus und Frequenz auch gewissen Anomalien unterworfen. (DITTRICH, 43). Eine derselben ist das Cheyne-Stokes'sche Atmen, als dessen Hauptmerkmal DITTRICH (43) ein periodisches An- und Abschwellen der Atmungstiefe (der Amplitude in den Atmungskurven) bezeichnet. Außerdem zeigt sich während des Anschwellens der Amplitude eine periodische Verlagerung der Ruhelage (Ausatmungslage) nach der Einatmungsseite hin, so daß also auch die Atemmittellage eine solche periodische Verlagerung erfährt. In den Wellentälern der periodischen Atmungsserien fällt die Ruhelage mit der Ausatmungslage der Norm zusammen. Die Verschiedenheit zur Erklärung der Cheyne-Stokes'schen Atmung aufgestellter Hypothesen beweist, daß das Entstehen dieses Phänomens noch immer ungeklärt ist. An Hand von 9 Fällen konnte HERZOG (90) feststellen, daß beim Cheyne-Stokes'schen Atmen die Selbststeuerung der Atmung periodisch schwankt, und daß dieses Schwanken primär, nicht eine Folge dieses Atmungstypus ist, sondern derselbe erst dadurch bedingt wird.

Eine andere Art von Atmungsanomalie nennt DITTRICH (43) das sogenannte periodische Atmen. Selbiges kommt z.B. im Schlaf vor, und man kann es gelegentlich in den frühen Morgenstunden im halb-wachen Zustand bemerken, auf eine Periode fast gänzlichen Atemstillstands folgt eine solche verstärkter Atmung, die meist erst einige Zeit nach dem Erwachen spontan in die normale Atmung übergeht. Das periodische Atmen kommt aber auch in anderem Zusammenhang vor, so bei verschiedenen Krankheiten, von denen HERZOG (90) besonders Herz und Niere erwähnt, ferner Arteriosklerose und Gehirnerkrankheiten, manchmal auch durch Medikamente hervorgerufen, z.B. Morphinum. Daneben kommt es auch nach DITTRICH (43) in der Höhenluft vor, wo Ermattungszustände eintreten können. In solcher Höhenlage ist dann auch die bewußte Willenssphäre mitunter in Mitleidenschaft gezogen, was etwa auf eine gewisse Blutleere im Gehirn zurückzuführen sein mag. Auffallend ist, daß periodisches Atmen auch bei ständigen Bewohnern des Gebirges beobachtet wird, und zwar bis herunter zu Höhen von 1800 m. Diese Erscheinung ist bis heute noch nicht vollständig geklärt. Im allgemeinen betrachtet man das periodi-

sche Atmen wie den Cheyne-Stokes'schen Atmungstyp als eine Folge von lokaler, durch ungenügende Sauerstoffversorgung hervorgerufenen Azidose im Bereich des Atemzentrums oder auch als die einer anderweitig bedingten allgemeinen Störung des Säuren-Basen-Gleichgewichts im Körpern.

Eine eigenartige, bei starken sportlichen Leistungen auftretende Form des periodischen Atmens ist der gleichfalls von DITTRICH (43) beschriebene Seufzerzwang, der in einer einmaligen, etwa doppelt so tiefen Einatmung wie im übrigen Behairungszustand der sportlichen Leistung besteht, und der sich oft periodisch nach je einer Reihe von Atemzügen (etwa 10 - 30) spontan einstellt, ohne daß der Rhythmus der Atmung im ganzen dabei eine Störung erfährt. Es scheint einerseits mit der größeren Widerstandsfähigkeit des trainierten Körpers gegen Arbeitsazidosen zusammenzuhängen, andererseits damit, daß in der alkalotischen Umstimmung des trainierten Körpers das parasympathische Nervensystem (N.vagus) einen überragenden Einfluß gegenüber dem sympathischen System gewinnt, wodurch im allgemeinen die Atmung langsamer und tiefer wird. (SCHENK, 179) Doch sind hier noch viele Zusammenhänge ungeklärt. Vielleicht läßt die Auffassung HILLs (93/94) daß die Beibehaltung einer möglichst ruhigen Atemführung auch während der sportlichen Arbeit es erlaubt, die Sauerstoffschuld in erträglichen Grenzen zu halten, ohne die Leistungsfähigkeit des Sporttreibenden zu beeinträchtigen, eine Deutung des Seufzerzwanges in der Weise zu, daß er die Spitzen maximaler Sauerstoffschuld brechen soll. Man kann ihm dann die Bedeutung eines periodisch intermittierenden Vor- oder Nachatmens beimessen. Die Erscheinung tritt offenbar nur beim sportlich Trainierten auf.

7. Die Atembewegungen des Herzens und der großen Gefäße

Das Herz ist das zentrale Pumpwerk des Blutkreislaufs und darf wegen seiner engen Wechselbeziehungen zu den übrigen Organen des Körpers nicht als ein in sich abgeschlossenes Einzelorgan betrachtet werden. Seine Tätigkeit weist aber so viele biologische Eigentümlichkeiten auf, daß ihre gesonderte Darstellung durchaus gerechtfertigt erscheint, zumal Untersuchungen am überlebenden Herzen außerhalb des Körpers

die unerlässlichen Voraussetzungen für das Verständnis der Herzleistung im Körper unter natürlichen Verhältnissen geschaffen haben. Die Bewegung des Herzens setzt sich zusammen aus der Zusammenziehung der Vorhöfe (Systole atriorum), der Zusammenziehung der Kammern (Systole ventriculorum) und der Pause, während der die Vorhöfe und Kammern erschlafft sind. (Diastole) Bei der Zusammenziehung der Vorhöfe ruhen die Kammern, bei der Zusammenziehung der Kammern die Vorhöfe. (LANDOIS-ROSEMANN, 124)

Die Atembewegungen des Brustkorbs und des Zwerchfells fufen in Brust- und Bauchhöhle Druckänderungen hervor, die sich den in diesen Räumen gelagerten Organen mitteilen. Da diese elastisch oder sonst drucknachgiebig sind, ändern sie entsprechend dieser Druckänderungen infolge der Atmung ihre Form und evtl. ihr Volumen, führen also selbst Atembewegungen aus, so das Herz und die großen Gefäße; bei diesen kommen diese Atembewegungen besonders stark zum Ausdruck. Mit Form und Volumen dieser Organe ändern sich auch die von ihnen umschlossenen Räume und damit die Strömungsverhältnisse des Blutes, dessen Beförderung sie dienen. Insoweit keine anderen den Bluttransport hervorrufenden Kräfte vorhanden sind (als solche kann außer gewissen, nur im Kapillarsystem wirksamen Kapillarkräften, nur die Muskelkraft des Herzens genannt werden, die vorzugsweise bei der Blutaustreibung aus dem linken Herzen, also bei der Erzeugung des Schlagvolumens, in Betracht kommt), spielen diese durch die Atembewegungen des Brustkorbs und des Zwerchfells hervorgerufenen Druckänderungen in den verschiedenen Teilen des Rumpfes für den Transport des Blutes in den Hohl- und Schlagadern, im großen und kleinen Kreislauf, eine ausschlaggebende Rolle.

HIRSCH (95) bespricht den Einfluß der Atmung auf den Kreislauf und empfiehlt die systematische Tiefatmung als vorbeugende Maßnahme bei Gesunden, als heilende besonders bei Herzkranken möglichst viel anzuwenden.

Je nach der Lage der Atemperiode ist der im rechten Ventrikel gemessene Druckablauf verschieden. WAGNER (211) vertritt dabei den Standpunkt, daß während der Inspiration die Druckschwankungen höher als während der Expiration sind. Da aber andererseits kein zureichender Grund besteht anzunehmen, daß etwa im Atemrhythmus erfolgende

vasomotorische Einflüsse oder ähnliches die Weite der Lungengefäße während der Atmung verändern, nimmt Verfasser an, daß der Druck in der Arteria pulmonalis durch die Stellung des Thorax und des Zwerchfells innerhalb sehr weiter Grenzen veränderlich ist. Mit der Dehnung der Lunge bei der Inspiration ist wahrscheinlich eine Dehnung der Lungenkapillaren in der Längsrichtung verbunden, wodurch es infolge Querschnittsabnahme zu einer Druckabnahme kommen muß. Bei Zwerchfelloberstand werden wir mit einer Entlastung des rechten Ventrikels, bei Tiefstand mit einer Belastung zu rechnen haben.

SCHWIEGK und BETZIEN (185) haben Untersuchungen über die Erregbarkeit des Atemzentrums bei Herzkranken mit Einatmung von Kohlensäure-Luftgemischen verschiedener Konzentration durchgeführt und sind dabei zu folgender Feststellung gelangt:

Chronisch dekompensierte Herzkranken zeigen eine herabgesetzte Erregbarkeit des Atemzentrums. Dies entspricht den Verhältnissen beim Gesunden, wenn dieser unter langandauernder CO_2 Atmung und O_2 Mangel steht. Ursache ist die Gewöhnung des Atemzentrums an die ungünstigen O_2 und CO_2 Verhältnisse beim herzkranken Organismus. BILSKI (16) beschreibt einen Atmungsreflex bei Herzkranken, und zwar handelt es sich dabei um Fälle mit beginnender oder ausgesprochener Herzinsuffizienz. Hier tritt eine Beengung des Atmens ein, wenn man dicht unterhalb des rechten Rippenbogens bis zum Schwertfortsatz einen Druck ausübt. Man kann diesen Druck mit einem einfachen Apparat ("Spiroreflextonometer") bestimmen, und so die Diagnose Herzinsuffizienz stellen, bei Druck über 8 Pfund ist das Herz als funktionstüchtig anzusehen.

Das Seufzeratmen wird häufig von Kranken mit schwerer Kreislaufstörung, mit organischen oder vasomotorischen Koronarstörungen allein aus kreislauffunktionellen Gründen (spontan und natürlich unbewußt) angewandt, ohne daß irgendwelche Schmerzen vorhanden sind, die also in solchem Falle als Deutung des Stöhnens nicht in Betracht kommen. Die Seufzeratmung scheint somit u.U. aus ähnlichen Ursachen zu entstehen wie der bei gesunden Sporttreibenden auftretende Seufzerzwang, auf den in den vorstehenden Zeilen bereits näher eingegangen wurde. (DITTRICH, 43) Auch Gähnen und Gähnatmen haben nach DITTRICH (43) jedenfalls ähnlich zu deutende kreislauffunk-

tionelle Bedeutung, indem diese Atmungsformen dem Kreislauf neue Impulse verleihen, und zwar sowohl durch Unterdruck- wie auch durch Überdruckwirkung (das Ausatmen beim Gähnen erfolgt ja wie bei der Seufzeratmung meist verzögert und mit leichter Pressung.)

Auch der Atempause und ihrer Dauer wird von DITTRICH (43) kreislauffunktionelle Bedeutung beigemessen. Besonders große Atempausen finden sich vorwiegend bei einigen krankhaften Erscheinungen, wie bei Cheyne-Stokes'scher Atmung.

Nach Angabe von HERBST (87) kann die Beeinflussung des Kreislaufs durch die Atmung durch geeignete Maßnahmen wesentlich erhöht werden. Von solchen Maßnahmen sind zu nennen die Stenosenatmung, durch welche der inspiratorische Druck erniedrigt, der expiratorische erhöht wird.

Es soll auch nicht versäumt werden, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß die Körperlage eine Rolle in der Funktion des Kreislaufs und damit der Atembewegung spielt. DITTRICH (43) kommt dabei zu folgendem Schluß:

Bei stehendem Körper ist die Hubarbeit des Herzens am größten, am kleinsten wird sie im Liegen, da hier das Herz fast nur Strömungsarbeit zu leisten hat. Die Erkenntnis dürfte von Bedeutung sein für Atmung und Kreislauf im Schlaf bei liegendem Körper, sowie für das Verhalten und den Transport Kranker oder geschwächter Personen.

MARK und NEUMANN (132) stützen sich in ihren Ausführungen über den Einfluß passiver Änderung der Körperlage auf Atmung und Pulsfrequenz beim Menschen auf die von ihnen durchgeführten Versuche, aus denen eindeutig hervorgeht, daß beim Menschen der Lagewechsel dieselben Veränderungen der Puls- und Atemfrequenz hervorruft, wie im Tierexperiment. Beim passiven Übergang aus der horizontalen in die aufrechte Beinstellung nimmt die Atemfrequenz meist ab, die Atemtiefe zu, während beim Übergang aus der horizontalen in die Kopfstellung die Atemfrequenz zu-, und die Atemtiefe abnimmt. Gegensätzlich verhält sich die Pulsfrequenz. Steigerung in Beinstellung, Verlangsamung in Kopfstellung. Aus diesem gegensätzlichen Verhalten vom Atem- und Pulsfrequenz schließen beide Referenten, daß beim Lagewechsel die Blutdruckzügler für die Atemfrequenzregulierung nicht allein ausschlaggebend sein können.

HAEDICKE (76) vertritt in seiner Bekanntmachung über den Atmungskreislauf in seinem Verhältnis zum Herz- und Lymphkreislauf seine Thesen von der vierfachen Ergänzung des HARVEYschen Blutkreislaufgesetzes (81), welches das Herz als die alleinige Ursache der Blutbewegung anerkennt. Im allgemeinen werde die Zirkulationsbeförderung infolge der Atmungsbewegung unterschätzt. Diese besteht in der Einsaugung einer gewissen Blutmenge in den Lungenkreislauf bei der Einatmung und dem Hinüberpressen der Atmungsblutwelle zum linken Herz und in den großen Kreislauf bei der Ausatmung. Verfasser, der sich bei dieser Behauptung auf bekannte nicht näher erläuterte Daten der Physiologen stützt, kann trotzdem den Leser nicht ganz überzeugen, daß bei der Ausatmung die Blutwelle allein hierdurch in nennenswerter Weise in den großen Kreislauf hinübergetrieben werden kann, und sich nicht allein in ein Fluten und Ebben bis zur Herzschleuse erschöpft. Verfasser steht hierbei allerdings in Widerspruch zu BRUNS (23). Als weitere sekundäre Triebkräfte werden der Sekretionsdruck genannt, der das Blutplasma absondernden Endothelien der venösen Kapillaren, die pulsatorische Peristaltik der Blutgefäße und schließlich die vasomotorischen Funktionen des Nervensystems, die die Verteilung der Blutmasse besorgen. Es wird nun behauptet, daß durch Anregung allein dieser sekundären Triebkräfte, d.h. bei richtiger Handhabung der künstlichen Atmung durch Inbetriebsetzung der "Brustpumpe" eine Wiederbelebung selbst 1 1/2 Stunden nach Eintritt des Scheintodes möglich ist, d.h. nach Pulslosigkeit, Herzstillstand und Asphyxie. Die mitgeteilten Versuche anderer nicht namentlich genannter Autoren, wonach bei der Leiche durch eine geeignete künstliche Atmung das Blut aus den Venen bis in die Kapillaren der Peripherie getrieben werden kann, genügen nicht, diese These wissenschaftlich zu beweisen.

ROMANOFF (164) weist in seiner Arbeit, die den Titel trägt: "Experimente über Beziehungen zwischen Atmung und Kreislauf" darauf hin, daß strotzende Füllung der Lungenkapillaren die Alveolen erweitert oder verengt, je nach den gestellten Bedingungen. Sofern der Lunge von außen kein Widerstand entgegensteht, dehnt sich die Lunge aus, d.h. der Intrapulmonalraum wird vergrößert. Sobald sie aber einem Widerstand begegnet (z.B. wenn bei geschlossener Pleura und bei Füllung der Kapillaren unter Druck der Intrapleuraldruck wächst), so

verkleinern die strotzend gefüllten Kapillaren die Alveolen, indem sie in das Alveolenlumen prominieren.

Die Versuche über die Lungenelastizität ergaben in völliger Übereinstimmung mit denen anderer Autoren (KLEIN, 113, LIEBERMEISTER, 125), daß anfangs die Lunge verhältnismäßig geringe Luftvolumina unter negativen Druck einatmet, daß über diese Druckgrenze das Luftvolumen sich bedeutend steigert, um dann von einem erreichten höheren Druck an nur mehr wenig zuzunehmen.

ZAEPER (236) kommt in seinen Ausführungen über Fragen der Wechselbeziehungen zwischen Atmung und Kreislauf zu dem Schluß, daß Kreislauf und Atmung hinsichtlich ihres Einsatzes direkt den Bedürfnissen der Zelle unterworfen sind, und daß sie im wesentlichen und primär nach dem Sauerstoffbedarf des Organismus reguliert werden.

In seiner "nicht experimentellen" Studie führt BUTTERSACK (26) aus, daß die Bauchmuskulatur vor allem einen wichtigen Einfluß auf die Abführung des Sekretes der Drüsen des Bauches hat, wie bekanntlich besonders auch auf die Bewegung des Darmes. Mit einer energischen Respiration wird aber auch eine Art natürliche Massage auf die Baucheingeweide ausgeübt, welche die Funktion derselben in einer uns noch nicht näher bekannten Weise steigert. Die klinischen Erscheinungen, welche früher unter der Bezeichnung Plethora abdominalis zusammengefaßt wurden, sind wohl mit dem Ausfall dieser Wirkungen zu erklären. Diese theoretische Überlegung führt dazu, bei etwaigen Hyperämien innerer Organe durch Verbesserung der Atmung die resorptive und sekretorische Tätigkeit der Pleura und des Peritoneaeums zu steigern. Dies kann bei vorhandenen Exsudaten therapeutisch verwertet werden. Hinsichtlich des Einflusses des Kreislaufes ist die Tatsache noch nicht hinreichend bekannt, daß die Pulsationen der Gefäße auch auf die Umgebung, auf die Organe fortgepflanzt werden und dadurch gewisse Wirkungen auf das Parenchym derselben entfaltet werden, deren Umfang wir noch nicht hinreichend kennen.

Nach BRÜCKNER (24) weisen die Silikosen fast immer Beziehungen zwischen der Erschwerung der Atmung und sekundären Kreislaufstörungen auf. Durch die silikotischen Veränderungen wird das Lungengewebe eingeengt, in anderen Teilen der Lunge kommt es zur Emphysem-

bildung. Das klinische Bild der Staublungenerkrankung wird durch pulmonale und kardiale Dyspnoe beherrscht. Der Tod des Staublungenkrankeu erfolgt meist an kardialer Insuffizienz.

Durch 30 ärztliche Selbstversuche, wie uns ECKARDT (47) berichtet, wurde das Verhalten der Atemfrequenz, des Blutdrucks, Pulsfrequenz und der Körpertemperatur bei Überwärmung durch Aufenthalt in heißer Luft (Trockensauna) geprüft. Die Versuche wurden bis an die Grenze der Erträglichkeit durchgeführt. Während die Körpertemperaturen, der Blutdruck, die Blutdruckamplitude und die Pulsfrequenz von Beginn der Heißluftwirkung an zunahmen, zeichnete sich die Atemfrequenz durch eine anfängliche Phase der Konstanz aus, auf die dann eine Phase mit raschem Ansteigen der Atemfrequenz folgte.

Bei der Betrachtung des Einflusses der Atmung auf den Blutkreislauf, Pulsus paradoxus etc. wendet sich BARR (8) gegen die zuerst von KUSSMAUL (123) aufgestellte Behauptung, daß ein Pulsus paradoxus pathognomonisch für ausgedehnte perikardiale Verwachsungen sei. Ganz besonders brandmarkt er die von KUSSMAUL (123) gegebene Erklärung, daß der Pulsus paradoxus zustande käme durch eine Abknickung der Aorta resp. der anderen großen Gefäße durch die Einatmung. Ebenso falsch sei seiner Meinung nach die Ansicht, daß das Herz durch die Verwachsungen beeinflusst wird, und daß die Adhäsionen die Brustwand nach innen ziehen. Auch beschreibt BARR (8) eine Anzahl von Versuchen, die beweisen sollen, daß das Zustandekommen des Pulsus paradoxus entweder auf mangelhafter Füllung oder auf zu rascher Entleerung der Arterien beruht. Im ersteren Fall ist ein schwaches rechtes Herz und ein großes Lungenreservoir die Ursache, im anderen ist die Ursache in einem kräftigen Atmungsmechanismus und niedrigen Blutdruck zu suchen.

WYSS (235) hat den Versuch unternommen, nicht nur die mannigfaltigen Beobachtungen über den Einfluß psychischer Vorgänge, der Aufmerksamkeit, des Gefühltones (Lust, Unlust), der Affekte auf die Atmung, Pulsfrequenz, Blutdruck und Blutverteilung nebeneinander aufzuzählen, sondern eine sinnvolle Beziehung zwischen den Arten, seelischen Vorgängen und den intendierten Körpervorgängen herzustellen. Er unterscheidet 3 Gruppen:

1. Die Zustände der Aufmerksamkeit und gespannten Erwartung mit Verflachung und Beschleunigung der Atmung, Steigerung der Pulsfrequenz, Absinken der Blutfülle der Extremitäten, d.h. Zustände der Bereitstellung für die Reizaufnahme (receptive Einstellung).
2. Die Zustände körperlicher oder geistiger Arbeit (produktive Einstellung) mit Pulsbeschleunigung und Blutdrucksteigerung, vermehrter Blutfülle der Extremitäten und Vertiefung der Atmung.
3. Gefühlsbetonte Zustände, welche am besten wohl unterschieden werden in positiv heterotrope (dem anderen zugewendete), auf die Organfunktionen excitierend wirkende und negativ heterotrope (von den anderen abgewendete) mit Dämpfung der vegetativen Funktionen.

Zusammenfassend läßt sich bemerken, daß seelische Vorgänge insbesondere Gefühle, Stimmungen und Affekte eine körperliche Resonanz haben, und umgekehrt haben körperliche Vorgänge eine psychische Resonanz. Zu einem Gefühl oder Affekt gehören also nicht allein das seelische Erleben derselben, sondern auch die Ausdrucksbewegungen, die sich nach außen kundgeben und die Resonanz in den inneren Organen, welche eine Sprache des Individuums zu sich selbst darstellen. Maßgebend für die Intensität dieser gegenseitigen Beeinflussungen psychischer Vorgänge und Organfunktionen sind die Lebenswichtigkeit und die Dringlichkeit der Funktionen. Ferner wohl auch ihre Bedeutung, nicht nur für die Erhaltung des individuellen Lebens, sondern auch für die Erhaltung der Art.

HEYMANN (92) kommt in seinem Bericht über die nervöse reflektorischen Beziehungen zwischen Blutkreislauf und Atmung zu folgendem Ergebnis:

Die zentripetalen Nerven der Gefäßabschnitte am Sinus caroticus und am Herzaortenbogen regulieren reflektorisch, und zwar spezifisch für diese Gebiete, die Erregbarkeit des Atemzentrums, der Herzfrequenz und der Gefäßzentren durch die Blutdruckschwankungen und die physio-pathologisch oder pharmakologisch geänderte Blutbeschaffenheit; zentrale Wirkungen treten erst bei stärkeren Wirkungen auf. Sie ist z.B. beim Asthma bronchiale und anderen Formen der Stenoseatmung nicht der Sauerstoffmangel, sondern die Verlängerung der Ausatmungs-

zeit die Ursache der Atemnot, infolge Thoraxinnendruckes. Sobald er erhöht ist, sinkt das Minutenvolumen des Herzens und steigt der Venendruck.

Nach RAPPAPORT (155) ist die "Depotfunktion" des kleinen Kreislaufs der Hauptfaktor für die Regulierung von Druckbedingungen, die für den Körperkreislauf maßgebend sind. Der Rückgang dieser Depotfunktion, wie er durch eine mangelhafte Atmungstätigkeit verursacht wird, ist vielleicht der wichtigste Faktor in der Pathogenese der chronischen essentiellen Hypertonie. Methodische Übungen der Hyperventilation, die aber nicht zur Apnoe führen, sollen in der Art einer intensiven und fortgesetzten Übung des Tiefatmens imstande sein, einen merkbaren Rückgang pathologisch gesteigerten Blutdrucks herbeizuführen.

TIRALA (196) weist darauf hin, daß durch tiefes Ein- und Ausatmen der erhöhte Blutdruck in wenigen Minuten um einige Millimeter Hg absinkt. Durch systematische Atemübungen läßt sich der erhöhte Blutdruck zur Norm zurückführen und das Herz unter Verkleinerung des Pulsdruckes (Pulsamplitude) entlasten. Damit kommen auch die subjektiven Beschwerden bei chronischer Blutdruckerhöhung zum Schwinden. Durch systematische Tiefatmung wird nach TIRALA (197) der erhöhte Blutdruck rascher und ausgiebiger gesenkt als selbst durch wiederholten Aderlaß und alle medikamentösen Mittel.

DIE MECHANIK DER PATHOLOGISCHEN ATMUNG

Wenden wir uns nun den einzelnen Faktoren, die die Fehlform der Atembewegung auslösen, zu und betrachten zuerst einmal die Auswirkung der Krankheit als solche auf die Atembewegung.

1. Krankheit und Atmung

WAGNER (210) klärt uns über die allgemeinen physiologischen Zusammenhänge zwischen Krankheit und Atmung auf. Die Anregung zu erhöhter Leistung der Lunge beim Gasaustausch geht vorwiegend von einer Zunahme der Durchblutung aus. Die Atmung wiederum kann aber auch den Kreislauf unterstützen, wenn dieser stärker beansprucht wird. Dabei tritt ein komplizierter Mechanismus in Aktion, bei dem die Dehnung der Lungengefäße und die Menge der Reservekapillaren eine maßgebende Rolle spielen. Der Vorgang des Gasaustausches in der Lunge wurde dabei als ein rein physikalischer dargestellt. WAGNER (210) betont dabei, daß wir keinen Grund haben, eine besondere vitale Leistung anzunehmen.

Demgegenüber unterstrich der Kliniker BRAUER (19) die dem lebenden Organismus eigentümliche regulatorische Fähigkeit. In der funktionellen Wechselwirkung zwischen Kreislauf und Atmung zeigt sich eine nur dem Lebendigen innewohnende Kraft. So bietet die gesteigerte Atemnot des Herzkranken einen kompensatorischen Ausgleich für die mangelhafte Durchblutung des Körpers, die erst, wenn sie bestimmte Grenzen überschreitet, als gefährlich anzusehen ist. Um sich dabei nun aber nicht auf allgemeine Eindrücke und Erfahrungen verlassen zu müssen, sind die objektiven quantitativ messenden Methoden der Spirometrie und Ergometrie anzuwenden.

2. Funktionelle und nervöse Atemstörungen

Änderungen der Atembewegung gegenüber der Norm können rein funktionell bedingt sein. Ohne jede organische Veränderung entsteht eine beträchtliche Herabsetzung der respiratorischen Bewegungen der oberen Brustkorbabschnitte beim Mundatmer. (DITTRICH, 43)

Auch nervöse Atemstörungen werden, und zwar gar nicht so selten, beobachtet; sie müssen den Kranken, wie RECHNITZER (166) auseinander setzt, nicht einmal immer bekannt sein: "Eine sehr häufige Atemstörung Nervöser ist das gehäufte zwangsweise Seufzen, das oft genug nur von der Umgebung bemerkt" und gelegentlich falsch gedeutet wird. Sofern die Kranken ihre Atemstörungen empfinden, klagen sie gewöhnlich nach den Erfahrungen DITTRICHs (43) über das Gefühl, nicht durchatmen zu können oder über Beklemmungen und halten sich für herzleidend.

Solche nervöse Atembeschwerden selbst stärkeren Grades kommen nach den Beobachtungen DITTRICHs (43) bereits bei Kindern vor.

Findet eine plötzliche Änderung des Luftweges beim Menschen statt, wie etwa bei Tracheotomie oder beim Kieferschuß, so stellt sich nach einiger Zeit wie HOFBAUER (103) anführt, regelmäßig eine Reihe von Veränderungen ein, nicht bloß an den tieferen Teilen des Atemapparates, sondern auch am Verdauungstrakt. Es finden sich bei solchen Patienten krankhafte Erscheinungen von seiten der tieferen Luftwege (trockene Bronchitis, asthmatische Zustände, Bronchorrhoe, Bronchiektasien) sowie von seiten des Darmtraktes (Appetitlosigkeit, Auftreibung des Bauches etc.). Daß eine Änderung des Luftweges Fernwirkungen im Organismus auslösen kann, erwies WENCKEBACH (219) durch die Feststellung eines Höherentretens des Zwerchfells infolge von Öffnen des Mundes beim Atemholen.

Um nun der pathogenetischen Klärung der oben erwähnten krankhaften Veränderungen näher zu kommen, wurden Tierversuche angestellt, deren Ergebnis zeigten folgendes:

Werden bei einem Versuchstier (Meerschweinchen, weiße Ratte) die Nasenlöcher mittels einer Fadenligatur oder Hautklammern verschlossen, so entsteht alsbald, wie HOFBAUER (103) feststellte, expiratorische Atemnot mit Flankenschlagen und Hinfälligkeit des Tieres und entwickelt sich, falls es den Eingriff länger als 24 Stunden überlebt, nicht bloß eine ganz exzessive Lungenblähung, sondern auch eine Ballonierung des Magens, infolge praller Luftfüllung desselben, sowie eine radiologisch auch nachweisbare Luftansammlung im Darm. Bei Freimachung des Nasenverschlusses erholt sich das Tier alsbald vollkommen und schwinden all die beschriebenen Veränderungen spurlos.

Auch NISSEN und COKKALIS (143) berichten über Untersuchungen an Hunden und Katzen mit folgendem Ergebnis:

Der erste Teil ihrer Arbeit befaßt sich mit der Rolle des Vagus bei der Stenoseatmung. Der normale Atmungstyp ist das Ergebnis eines geregelten Zusammenarbeitens atmungsfördernder Blutreize und atmungshemmender Vagusimpulse. Echte Dyspnoe entsteht durch Störungen im Bereich der zentripetalen Vagusleitung. (Schädigungen des Hals-Brustvagus, pathologische Veränderungen, die die Dehnungsfähigkeit des Lungengewebes verändern). Die inspiratorische Dyspnoe bei Trachealkompression schwindet nach doppelseitiger Vagusexairese erst bei chemisch-physikalischer Änderung der Blutzusammensetzung, infolge anhaltender Stenose tritt die Dyspnoe wieder auf.

Der zweite Teil der Arbeit befaßt sich mit der Atmungsstellung bei der Trachealstenose und ihrer Rückführung auf den Kreislauf. Jede gleichmäßige Trachealstenose hat primär eine inspiratorische Dyspnoe zu Folge, die im weiteren Verlauf auftretende expiratorische Dyspnoe beruht auf einer vorübergehenden funktionellen Änderung des Atmungsmechanismus. Jede erhebliche Trachealstenose führt zu Hypertrophie und Dilatation des rechten Herzens.

VASCHIDE und MARCHAND (204) liefern einen interessanten Beitrag zur physiologischen Psychologie der Geistesstörungen und den Beziehungen derselben zu den Veränderungen der peripheren Zirkulation und der Respiration bei einem 57-jährigen Straßenarbeiter mit Melancholie, multiplen Halluzinationen, Verfolgungsideen usw. Bei den akuten Anfällen (von Verfolgungswahn usw.) zeigte sich die Atmung bedeutend verlangsamt, bei solchen äußerster Angst jedoch vermehrt; die Herz-tätigkeit (Pulsschlag) ist dabei ebenfalls vermehrt.

SCHOTT (182) kommt in seinem Bericht über die Anstrengungsdyspnoe und das Auftreten periodischer Atmung nach körperlicher Anstrengung bei Gesunden und Kranken zu folgendem Ergebnis:

Beim Treppenlaufen Gesunder steigt die Zahl der Atemzüge bis auf 16 in 1/2 Minute an, die Beschleunigung geschieht unter Vertiefung der Atemzüge, Verkürzung der Zeitdauer des Inspiriums und Expiriums und Wegfall der Atempause; es entsteht eine gemischte Dyspnoe, nach etwa 6 Minuten erfolgt die Rückkehr zu normalen Verhältnissen.

Der sportlich geübte und durchtrainierte Gesunde zeigt entweder (auch bei starker körperlicher Leistung) keine Beschleunigung der Atmung oder nur eine mäßige, die in 2 - 6 Minuten zur Norm zurückkehrt. Die Atmung ist immer vertieft, die Herzfrequenz vermehrt. Von einer Dyspnoe ist also beim durchgebildeten Sportsmann eigentlich kaum die Rede. Der Herzgeschädigte dagegen zeigt nach Treppensteigen ein Verhalten ähnlich wie der gesunde Ungeübte. Die Beschleunigung von Atmung und Puls ist aber viel ausgeprägter als beim Gesunden. Beim Lungengeschädigten (Emphysem, fieberfreie Phthisen) kommt es schon nach kurzer Zeit resp. Dauer der Anstrengung zu hochgradiger Beschleunigung der Atmung, während die Pulsfrequenz sich wenig ändert. Die Anstrengungsdyspnoe zeigt das Auftreten einer charakteristischen, periodischen Größenschwankung der Atmung im wellenförmigen Wechsel erfolgt ein Flacherwerden und Wiederanschwellen der Atemzüge, wobei es zur Gruppenbildung von 5 - 14 Atemzügen kommt, und sogar mehr oder minder lange Pausen nach Art des Cheyne-Stokes'schen Atmens eingeschaltet sein können. Beim Gesunden und nicht übermäßiger Anstrengung tritt dieses periodische Atmen nicht ein; dagegen tritt es bei Lungen- und Herzgeschädigten nach Treppenlaufen regelmäßig ein. Als Ursache für das Auftreten periodischen Atmens kommen mehrere Koeffizienten in Betracht, zunächst Sauerstoffmangel, daneben das Auftreten von Azidose durch Milchsäurebildung, die beide das Atemzentrum reizen, vielleicht auch ein mangelhafter Regulationsmechanismus der Blutverteilung und damit eine schlechte Blutversorgung und Arterialisierung des Atemzentrums.

CONDORELLI und RECHNITZER (32) beobachteten, daß beim forcierten Atemstillstand (z.B. unter Wasser) sich nach einiger Zeit völliger Atemruhe trotz des Verschlusses der Atemwege ununterdrückbare Atembewegungen von zunehmender Stärke und Häufigkeit einstellten, die zunächst ergebnislos sind, dann aber effektiv werden. Die Ursache ist die ununterbrochene, durch die Apnoe gesteigerte Bildung des Reizimpulses im bulbären Atemzentrum. Die ersten frustranen Atembewegungen sind häufig nur diaphragmal ohne Beteiligung der Thoraxmuskeln. Diese Dissoziation erklärt sich durch verschiedene Empfindlichkeit der spinalen Zentren. Auch bei der pathologischen Dissoziation spielen ähnliche Vorgänge eine Rolle.

Dissoziative Störungen beim Ablauf der Atmung, insbesondere im Arbeitsanteil der oberen (Thorax-) und unteren (Zwerchfell-) Atemmuskulatur treten gelegentlich in Erscheinung; ein besonders häufiger Wechsel im Überwiegen der einen Art über die andere wurde als abnormes Ermüdungssymptom gedeutet.

DACKAU (36) beschreibt einen Fall, wobei es im Verlaufe einer luischen Endarteriitis zu einer Blutung oder Verstopfung im Bereiche der linken Medianarterie der frontalen Brücke kam, die sich klinisch in einer rechtsseitigen Hemiplegie nicht nur der Extremitäten, sondern auch der Interkostalmuskeln und des rechten Zwerchfells äußerte.

CHRISTIAN und JACOB (33) haben festgestellt, daß innerhalb vegetativer Regulationsstörungen sich ein Beschwerdekomples heraushebt, der besonders die Atmung betrifft. Unangenehmes Sichbewußtwerden der Atmung bis zu ausgesprochenen Lufthunger meist verbunden mit Enggefühl und Präkordialschmerz. Ein organischer Befund fehlte. Im englisch-amerikanischen Schrifttum läuft dieser Beschwerdekomples unter dem Namen "Da Costa's Syndrome", "Chest Pain" oder gilt als Variante des "Effort-Syndroms". (COHEN und WHITE, 30, WOOD, 239, FRIEDMANN, 58, MASTER, 135). Synonyme deutsche Begriffe sind: "Atmungstetanie" (ROSSIER, 168, MEILIE, 137) "Kardiorespiratorisch-tetanieförmiger Symptomenkomplex" (DELIUS, 39) "Nervöses Atmungssyndrom" (CHRISTIAN, 33, MOHR, 140, ULMER, 203).

Leitsymptom des nervösen Atmungssyndromes ist eine unphysiologische Steigerung der Atmungsgröße. Eine Hyperventilation findet sich in 80% aller einschlägigen Patienten; ihr Wert liegt durchschnittlich 96% bzw. 83% über dem Soll. Eine organische Störung der Ventilation, also eine atemmechanische Ursache für die Hyperventilation ist dabei ebensowenig festzustellen, wie eine Ursache seitens des Blutmechanismus oder des Mineralhaushalts. Deswegen wird allgemein unterstellt, daß die anomale Atmung Ausdrucksform einer Neurose ist. (CHRISTIE, 34, SARGANT, 171, WILLARD, 224, SWAN und WOLF jr., 133, 231, KERR, 111, DALTON, 37, GLIEBE, 64, ROSSIER, 168, KRETSCHMER, 119, SCHÖNLEBER, 184 haben eine unausgewählte Gruppe von Neurosen daraufhin nachgeprüft und fanden eine durchschnittlich erhöhte Atemfrequenz und eine größere Streuung der Atemtiefe.) In der Regel findet man auch Veränderungen des Atemcharakters, betonte Seufzer-

atmung, abrupter Wechsel zwischen hochfrequenter und ruhiger Atmung ("Hyperventilationsanfall"). Die Atmung ist also ausgesprochen "unruhig". Es interessieren uns nun die Entstehungsbedingungen dieses nervösen Atmungssyndroms. Allgemein ist zu sagen, daß die abnorme Ventilation dieser Patienten durch peripher synaptische und chemische Antriebe nicht erklärt werden kann. Mehrere Gründe sprechen dafür, daß es sich um Regulationsstörungen auf hochzentraler Ebene handelt. Im Zusammenhang mit der nervösen Atmung ist hirnlokalisationstisch bemerkenswert, daß bei Mensch und Tier auch kortikale Repräsentanten der Atmung (orbitobasale Rinde, Gyrus cinguli, temporo-basales Vorderhirn, Unkus) gesichert sind (SWEET, 195, DELGADO, 38, LIVINGSTON, 127, KAADA, 109, PRIBRAM, 152, EPSTEIN, 50, POOL, 151, RANSOHOFF, 154, CHAPMANN, 29, GLUSMAN, 65, SLOAN, 187). Alle diese kortikalen Atmungsrepräsentanten hängen nur enger als andere Rindenfelder mit dem Ausdruckverhalten der willkürlichen und unwillkürlichen Ausdruckmotorik zusammen (PAPEZ, 147). Diese Tatsache ergibt eine physiologische Basis für die Vorstellung, das nervöse Atmungssyndrom als ein abnormes Ausdruckverhalten aufzufassen, und die phänomenologische Ausdruckforschung hat richtig gesehen, daß die Atmung mit dem Zumutesein und den Stimmungen etwas zu tun hat aber auch mit der Bezogenheit der Menschen zur Umwelt und Mitwelt. Atmung ist also Ausdruck der Innerlichkeit, wie Gang, Sprache, Handeln und Gestalten. (OEHME, 145, PLESSNER, 150, BUYTENDYK, 27) Die Atmung kann also im Licht menschlichen Verhaltens betrachtet werden. STRAUSS (192) hat dies für die Seufzeratmung gezeigt. "Seufzeratmung" ist nach seiner Auffassung Ausdrucksform eines besonderen Erlebniszustandes. "Seufzen ist wie das Lachen und Weinen eine spezifisch menschliche Äußerung, in welcher das Individuum in bestimmter Weise seine Existenz, sein In der Welt sein ausdrückt und vollzieht."

Die Atmung ist wie der Gang (froher Schritt, deprimiertes Dahinschlurfen) wie Lachen und Weinen und Sichbewegen ebenfalls eine Ausdrucksform. Diese Ausdrucksformen sind Abwandlungen des menschlichen Verhaltens, und insofern ist die Form des Verhaltens äußeres Zeichen der "Inneren Haltung" im Sinn von ZUTT (238).

GRIMBERG (70) weist darauf hin, daß die forcierte Atmung bei Neurosen unfreiwillige Fingerbewegungen, Tetanie und Erregungszustände

hervorrufft; bei hysterischen Kranken sogar typische hysterische Anfälle. Erzeugung von Anfällen bei Hysterikern und Epileptikern können zur Sicherung der Diagnose dienen. Bei organischer Erkrankung (z.B. Basedow) werden die Symptome erheblich verstärkt, doch darf forcierte Atmung bei Schilddrüsenstörungen nur mit großer Vorsicht angewandt werden. ROSSIER (167) offenbart uns, daß bei willkürlicher Hyperpnoe, ferner bei unwillkürlicher neurotischer Hyperpnoe und bei Hyperpnoe als Folge ischämischer Störungen des Atemzentrums die Überventilation zu schweren Störungen und zwar zum Bilde der Tetanie führt. Bei der Tetanie infolge Epithelkörperchenschädigungen, bei der kindlichen Tetanie, bei der Spruetetanie und derjenigen der perniziösen Anämie findet sich immer eine Senkung des Calciumspiegels im Blut. Demgegenüber zeigt die Magentetanie als Folge reichlichen Erbrechens bei Pylorusstenose einen normalen Calciumspiegel des Blutes. (künstliche Überventilation führt zu dem Bestehen einer sogenannten dekompensierten Alkalose) Die neuromuskuläre Übererregbarkeit ist nämlich nicht vom Gesamtkalzium abhängig, sondern von der Menge der Kalziumionen. Im Blut findet sich ein Teil des Kalziums in Ionenform, ein anderer Teil ist an Proteine gebunden und nicht dialysierbar. Die Menge der Ionen ist einerseits abhängig von der Gesamtmenge des Kalziums im Blut, andererseits von Faktoren, unter denen der Grad der Alkalose des Blutes eine wichtige Rolle spielt; wird dieser erhöht, so resultiert daraus eine Verminderung der Kalziumionisation. Es gibt also Tetanien durch Änderung des Kalziumspiegels, bei denen die Ionenmenge mit der Herabsetzung des Kalziumspiegels herabsinkt, des weiteren Tetanien durch Alkalose, bei denen der Kalkspiegel normal ist, bei denen aber infolge Alkalose die Zahl der Kalziumionen herabgesetzt wird. Zur letzteren Tetanieform gehören die Magentetanie. Neben der experimentellen gibt es auch eine spontane Hyperpnoe, die zur Tetanie führt. Letztere tritt meist periodisch auf. Es handelt sich um Kranke mit neurotischen Zeichen. Bei der neurotischen Tetanie genügt es, die Kohlensäurespannung in der Respirationsluft zu erhöhen, um den tetanischen Anfall zu unterbrechen. In anderen Fällen genügt es, den Kranken dazu zu bringen, seine Hyperventilation zu mäßigen. Eine Hyperventilationstetanie nicht neurotischen Ursprungs findet sich bei Encephalitis und bei mit Kompression einhergehenden Hirnprozessen wie Tumoren, Abszessen, Blutungen, Hirnödem. (ROSSIER, 167)

ADLERSBERG und PORGES (2) kommen an Hand von 21 Fällen, bei denen es sich vorwiegend um Frauen von meist neurotischer (hysterischer auch enzephalitischer) Übererregbarkeit handelte und bei denen durch psychische oder physische Eindrücke eine Hyperpnoe und anschließend ausgesprochen tetanische Symptome vor allem CHVOSTEK (35) und TROUSSEAU (200) ausgelöst wurden, zu dem Ergebnis, daß dieselben in Form von Anfällen oder als Dauerzustände mit Remissionen und Exazerbationen auftraten. Nähere Beziehungen zur echten Tetanie bestanden nicht. Die Therapie ist keine einheitliche, sie hat vor allem die Beseitigung der Hyperpnoe zum Ziel.

In dem von MÜLLER (142) dagegen mitgeteilten Fall scheint durch Herzbeklemmungsgefühl und damit zusammenhängender Atmungsbeschleunigung und -vertiefung tatsächlich ein tetanischer Anfall bei einem sehr nervösen Kranken ausgelöst worden zu sein; die dem von ADLERSBERG und PORGES (2) beschriebenen Krankheitsbild nahestehen. Die Anfälle treten nur in der Ruhe auf, ihre psychogene Bedingtheit ist offensichtlich.

DE VRIES, REILINGH und ROCHAT (206) fanden bei einem Emphysematiker mit chronischer Bronchitis wirkliche paradoxe Atmung. Der untere Brustumfang war am größten während der Ausatmung und am kleinsten während der Einatmung. Der Ausschlag betrug 1,5 cm. Auch mittels Röntgenogrammen sah man, daß die Lage des Zwerchfells viel zu niedrig war (5,5 cm unter "the sterno-ensiformplane" von Keith, normaliter 2,5 cm).

Nach HENSEN (84) beschränkt sich der klinische Begriff des sakkadierten Atmens auf lediglich bei direkter Auskultation wahrnehmbare Absätze des Atemgeräusches, welche durch Unterbrechung, Abschwächung oder auch Verspätung des Atemgeräusches bedingt sein können. Das sakkadierte Atmen in den oberen Lungenabschnitten gilt meist als Frühsymptom der Lungentuberkulose. Verfasser fand dasselbe bei 86 Gesunden nur 2 mal, unter 286 Tuberkulösen 39 mal, bei Inspiration am häufigsten, und zwar fielen die einzelnen Abschnitte der Sakkade mit dem Herzschlag zusammen. Das pulsrythmisch abgesetzte Atmen ist bei Tuberkulose die Regel, (besonders nach Amylnitrit deutlich) und ein Zeichen einer Hyperämie des betreffenden Lungenabschnittes oder Resterscheinung vorausgegangener Entzündungen der Pleura oder Lunge.

SCHAEFER (177) macht uns mit dem Standpunkt von SAHLI (170) über das sakkadierte Atmen vertraut. Nach SAHLI (170) kommt es bei dem sakkadierten Atmen nicht zu einem ununterbrochen, schlürfenden Inspirationsgeräusch, sondern dasselbe scheint ruckweise zu entstehen in einzelnen deutlich voneinander zu trennenden Absätzen, welche durch kurze Pausen oder auch durch Nebengeräusche getrennt sind. Aber auch SAHLI (170) unterscheidet noch eine andere Art des sakkadierten Atmens, dem er jede pathologische Bedeutung abspricht, da es durch ungleichmäßige, ruckweise Arbeit der Inspirationsmuskeln zustande kommt. WINTRICH (228) nach ihm VOLLAND (209), BRECKE (20) vor allem aber HENSEN (85) haben beobachtet, daß sakkadiertes Atmen vom Herzschlag abhängig sei und mit demselben zusammenfalle. HENSEN (85) ist der Meinung, daß "das pulsrythmisch abgesetzte Atmen, das er auch an dem Herzen ferner liegender Teile gehört hat, dadurch zu erklären sei, daß die systolischen Erweiterungen der Kapillaren innerhalb hyperämisch geschwollener Lungenabschnitte ein örtliches Hindernis für die den feinsten Verzweigungen der Lungen zuströmenden Luft gäben, welches die akustisch wahrnehmbaren Absätze des Atmens verursacht. Sämtliche Beobachter, die sich genauer mit dem sakkadierten Atmen beschäftigen, fanden es häufiger links als rechts. VOLLAND (209) hat selbiges sogar fast nur linksseitig wahrgenommen. HENSEN (85) fand es 40 mal links, 25 mal rechts.

Das sakkadierte Atmen, von dem einzelne Autoren bei entzündlichen Vorgängen der Pleura berichten, ist wohl nicht als solches zu betrachten. Hier handelt es sich stets um ein Nebengeräusch, um Reiben oder Schaben, während doch sakkadiertes Atmen eine Art des gewöhnlichen Vesikuläratmens sein soll. Immerhin kann pleuritische Schaben, zumal es manchmal eine gewisse Ähnlichkeit mit sakkadierter Atmung hat, zu Verwechslungen führen. Irgendeine krankhafte Veränderung in den Teilen der Lunge anzunehmen, über denen allein das Sakkadieren festgestellt wird, dafür liegt durchwegs nicht der geringste Grund vor.

KLEMPERER (112) beschreibt das sakkadierte Atmen folgendermaßen:

Sakkadiertes Atmen nennt man Vesikuläratmen, bei dem das Inspirium in mehreren Absätzen erfolgt. Es kann bei ungleichmäßigen,

langsamem Atmen bei ganz Gesunden gehört werden, findet sich öfters über der Spitze als Frühzeichen der T.b.c.; doch ist es mit Vorsicht und nur in Verbindung mit anderen Zeichen zu verwerten.

Von COLLY-BOFILL (31) erfahren wir, daß das stridoröse Atmen der Neugeborenen ein ganz typisches Krankheitsbild ist, das sich in erschwerter Atmung mit Ziehen, aber ohne Veränderung der Stimme oder Husten äußert. Die Affektion ist gewöhnlich gutartig, wird allmählich besser und kann völlig verschwinden. Zwei bisher publizierte Autopsien zeigten als Ursache eine Deformität des Larynxeinganges, aber die Klinik lehrt, daß auch andere Ursachen den Stridor hervorzurufen vermögen, besonders der Stimmritzenkrampf und tracheo-bronchiale Drüsenschwellungen.

DU PASQUIER (45) geht in seinem Bericht über die Atmungsinsuffizienz und ihre Behandlung von der Tatsache aus, daß unter respiratorischer Insuffizienz die habituelle Verminderung der Atmung verstanden wird ohne Rücksicht darauf, welches Organ die Ursache abgibt. Sie ist am häufigsten im Kindesalter, hier rein funktionell, ohne Lungen- oder Pleuraveränderungen. Ursache meist in der Nase (Deviation, Polypen, adenoide Vegetationen). Im reiferen Alter sind überwiegend die Reste an sich ausgeheilter Prozesse die Ursache. (Schwarten, cirrhotische Lungenprozesse, Veränderungen im Abdomen). Bei alledem soll der Hypertonus der Muskulatur im allgemeinen insbesondere der Atemmuskulatur und vor allem des Zwerchfells die letzte Ursache sein. Die Behandlung hat die Wiedererreicherung normaler Atmungsverhältnisse zum Ziel, also Nasenatmung und gleichmäßige Beteiligung aller Thoraxteile bei regeltem Rhythmus. Die Wege sind forcierte Atemübungen mit Apparaten oder Atemgymnastik. Kombination beider besonders empfehlenswert.

Bei Atmungsbehinderung durch Stenose oder Vorschalten eines Totraumes (Gasschutzmaske) erfolgt eine Hemmung der Atmung durch Reflexvorgänge (BRUNS, 23). Auch stellte Verfasser fest, daß bei ausgiebiger Übung sich nur noch eine relative geringe Vertiefung des In- und Expiriums, dabei aber eine Steigerung der Atmung und des O_2 -Verbrauches ergibt. Bei Atmung nur durch Schutzfilter und gleichzeitiger Körperarbeit ist die Erhöhung der Minutenvolumina und des O_2 -Verbrauches größer als bei freier Atmung. Bei mittlerer Arbeitsleistung

bedarf aber der Ausgleich dieses größeren O_2 Defizits keine wesentlich längere Zeit als beim Freiatmen.

Über den Zusammenhang zwischen Atmungsstörungen und Gebißanomalien erfahren wir von LOEBELL (128), daß bei habituellen Mundatmern beim Vorliegen einer vergrößerten Rachenmandel stets zuerst die Adenotomie durchgeführt werden muß. Dann aber soll der Rhinologe abwarten und nicht sofort anschließend eine operative Vergrößerung des Nasenlumens anstreben. Denn nunmehr tritt der Kieferorthopäde in seine Rechte. Sicherlich wird es ihm mit Hilfe seiner Spezialmethoden zur Dehnung der Kiefer, insbesondere der Gaumennahtsprengung, in geeigneten Fällen gelingen, mit der Abflachung des Gaumendaches den Nasenboden zu senken und hierdurch sowie durch die seitliche Ausdehnung der Nase deren Lichtung für die Atmung genügend freizumachen. Besteht nun nach abgeschlossener kieferorthopädischer Behandlung die Mundatmung weiter, und werden stärkere Verlagerungen der Nase durch Schwellungen und Scheidewandverbiegungen festgestellt, so muß auch rhinologisch eingegriffen werden. Wichtig ist dabei, so früh wie möglich Abhilfe zu schaffen, und wie KORKHAUS (116) es ausdrückt, durch eine planmäßige rhinologische wie kieferorthopädische Behandlung den Weg für eine ungestörte Nasenatmung freizumachen.

Die Umstände, daß gewisse Respirationserkrankungen an ganz umschriebene Perioden des kindlichen Alters gebunden sind, legt die Vermutung nahe, daß sie mit der gesetzmäßigen Entwicklung der kindlichen Atemmechanik und mit Störungen derselben in ursächlicher Beziehung stehen.

GREGOR (68) studierte in parallel gehenden Untersuchungen an normalen und pathologischen Fällen den Gang der Entwicklung der Atmung vom Säuglingsalter bis zum vierzehnten Lebensjahr mit Hilfe spirometrischer Bestimmungen der Atmungsgröße und durch die photographische Messung und Registrierung der Atembewegungen nach HASSE (78). Der abweichende Gang der Atmungsentwicklung bei pathologischen Fällen nimmt seinen Anfang im zweiten Lebensjahr, ist nachweisbar als eine geringe Ausbildung der Atemtiefe, die im späteren Kindesalter zu einer Beeinträchtigung der normalerweise vorherrschenden Tendenz führt, die bei der Atmung geleistete Muskel-

arbeit durch Verlangsamung und Vertiefung des einzelnen Atemzuges herabzusetzen. GREGOR (68) demonstriert an Photographien die normalen abweichenden Atembewegungen solcher Kinder, sowie eine bei derartigen Fällen auftretende Thoraxform den "starren, in schlechter Haltung fixierten Thorax". Eine sogenannte schlechte Schulterhaltung ist nach GREGOR (68) an sich noch nicht pathognomonisch für eine Atmungsanomalie, sondern erst dann, wenn sie auf Kommando oder spontan überhaupt nicht oder nur unter Beschwerden von Seiten der Kinder korrigiert werden kann.

Spirometrische Untersuchungen von VOGT (207) ergaben, daß Alkohol auch beim Kind zur Steigerung der absoluten Atmungsgröße und der Atemtiefe führt. Atropin hatte keinen ausgeprägten Einfluß bei Fällen von sogenannter Bronchitis asthmatica. Bei Kindern mit chronischen Erkrankungen der Respirationsorgane fand sich in Übereinstimmung mit den Befunden von GREGOR (68) eine Steigerung der Exkursionsweite der absoluten Atmungsgröße und eine herabgesetzte Exkursionsweite der Atemtiefe. Bei willkürlicher vertiefter Atmung kommt es bei diesen Kindern nicht zur Verlangsamung der Atmung, sondern im Gegenteil oft zur Beschleunigung.

IDE (108) hat in seinem eigenen kleinen Kindersanatorium festgestellt, daß von 542 Kindern 253 = 48% eine fehlende oder sogenannte verkehrte Bauchatmung hatten; d.h. also, daß das Zwerchfell bei der Atmung entweder gar nicht mitbewegt wurde oder bei der Einatmung, anstatt gesenkt zu werden, von der durch den Brustkorb ausgeübten Saugkraft nach oben gezogen wurde. Dadurch wurde einerseits der Effekt der Gesamtatmung ganz wesentlich beeinträchtigt. Ferner wurden aber die physiologischen Wirkungen der richtigen Bauchatmung damit hinfällig. Diese sind nach HOFBAUER (98):

1. Die gründliche Lüftung und Durchblutung der basalen und zentralen Teile der Lunge und der dadurch gewährte Schutz derselben gegen Tuberkulose.
2. Die Steigerung der rückläufigen Blut- und Lymphstrombewegung aus der unteren Körperhälfte vor allem auch der Blut- und Gallenbewegung in der Leber und schließlich
3. Die Unterstützung der motorischen Funktion des Magen-Darmtraktes.

Durch zweckentsprechende Übungen gelang es nun in fast allen Fällen, diese verkehrte Bauchatmung zu beseitigen, und damit auch das Minus, welches dieselbe für die Gesamtatmung bedeutete, in ein Plus zu verwandeln. Die große Bedeutung einerseits der ungenügenden Atmung, andererseits der Verbesserung und Herstellung derselben zur Norm liegt auf der Hand. Dies zeigt, daß ebenso wichtig, wie die Beachtung der pathologischen Anatomie, die der pathologischen Physiologie der Lunge ist. Es ist zweifellos ein großer Kunstfehler, Kinder aus tuberkulösen Familien jahrelang mit allen möglichen Kräftigungs- und sonstigen Mitteln zu behandeln, ohne auf ihre unzureichende Atmung zu achten.

Nach HOFBAUER (98) beruht die Disposition zur Lungentuberkulose vielfach auf der Anlage zu schlechter Atemtechnik.

Bei den Schuluntersuchungen sollte daher auf diese besonders geachtet werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zur Einführung regelmäßiger Atemgymnastik in den Schulen. Zum wenigsten sollten die an schlechter Atmung Leidenden (es müßte nicht nur die Brust, sondern auch die Bauchausdehnung bei den regelmäßigen Schuluntersuchungen gemessen werden) einer regelmäßigen Gymnastik unterzogen werden. Muskelgymnastik genügt nicht und ist für diese letzteren Kinder auch wenig geeignet.

VOLHARD (208) berichtet über ein junges Mädchen, das eine sehr auffallende, bisher nicht bekannte Störung der Atmung zeigte. Der Thorax wurde an allen Stellen hochgradig eingezogen, besonders in der Zwerchfellfurche und am auffallendsten im Bereich des Brustbeins, das bei der Einatmung tief in den Brustkorb eingesaugt wurde. Das Atmen ähnelte am meisten dem Stenoseatmen, aber die Luftwege blieben völlig frei, der Kehlkopf wurde nicht herabgezogen, sondern stand still. Ähnlichen Zustand sah Verfasser einmal bei einer hochgradigen Osteomalazie, die aber hierbei nicht in Frage kam. Während nun bei jener die Ansaugung der Thoraxwand dadurch zustande kam, daß sie zu weich war, so war hier bei normaler Festigkeit des Rippengürtels die Ansaugung der Thoraxwand dadurch zustande gekommen, daß der Inhalt des Thorax, die Lunge, weniger dehnbar geworden war. Es bestand eine Lungeninduration. Verfasser sah diesen Atemtypus nochmals bei einer jungen Frau, die wegen eines mediastinalen Lymphogranuloms 46 mal röntgenbestrahlt wurde und bei einem Chemiker, der in einem Radiumlaboratorium mit Abmessung von Ra-

diumpräparaten und Herstellung von Leuchtfarben beschäftigt gewesen war. Dieser letzte Kranke zeigte genau den gleichen Atemtypus mit zunehmender Zyanose und ging an Erstickung zugrunde. Die Autopsie ergab die aus dem klinischen Bild vermutete Lungeninduration, zurückzuführen auf die vier Jahre hindurch erfolgte Einwirkung von eingeatmeten Radiumteilchen.

3. Die Atemnot

Die Atemnot zeichnet sich nach WIECHMANN (221) durch eine beschleunigte und vertiefte angestrenzte Atmung aus. Man spricht von Dyspnoe. Im allgemeinen kommt die Atemnot, infolge der vermehrten Atemarbeit, dem Kranken zum Bewußtsein. Bei höheren Graden der Atemnot werden die Atemhilfsmuskeln an Hals, Brust und Schultern in Tätigkeit gesetzt, durch welche der Brustkorb gehoben wird. Ihre Anspannung ist am wirksamsten bei aufrechter Körperhaltung, wenn der Schultergürtel durch Aufstützen der Arme festgestellt wird. Im Stadium höchster Atemnot dehnt das Atemzentrum seine Wirksamkeit auf Mund und Nasenflügel, also das Gebiet des Nervus facialis und auf die Bauchmuskeln aus. Atemnot ist keine Krankheit, sondern ein Symptom. Infolgedessen ist die Behandlung der Grundkrankheit mit der Behandlung der Atemnot identisch. In nicht seltenen Fällen kann die Atemnot aber eine derart bedrohliche Form annehmen, daß eine Besserung durch Behandlung der primären Ursache nicht abgewartet werden kann, zumal, wenn die Grundstörung nicht ohne weiteres zu erkennen ist. Da die Kranken mit Atemnot meist beunruhigt und erregt sind und Zuspruch nicht zum Ziel führt, empfiehlt es sich, in derartigen Fällen vorerst Luminal und Narkotika in vorsichtiger Dosierung zu geben. Dadurch wird nämlich nicht nur die Erregbarkeit des Atemzentrums, sondern bei eintretender Beruhigung auch die Atemnot bedeutend herabgesetzt oder nur diese.

4. Die verschiedenen Formen der Atemnot

1. Die pulmonal bedingte Atemnot fand WIECHMANN (221) in allen jenen Fällen, wo der Gasaustausch in der Lunge behindert ist und infolgedessen die CO_2 Spannung gleichzeitig erniedrigt ist. Dies ist zum Beispiel der Fall beim Lungenödem, bei ausge-
dehnter lobärer Pneumonie, Bronchopneumonie.
2. Ist die Atemnot durch anatomische oder funktionelle Störungen im Bereich des Atemzentrums bedingt, so spricht man von zerebraler oder zentrogener Atemnot. Das Vorliegen einer derartigen Atmung ist per exclusionem anzunehmen. Läsionen vom Bezirk des Atemzentrums können Atemnot hervorrufen.
3. Die im Coma diabeticum zu beobachtende charakteristische Atmung, die KUSSMAUL (123) als "groß" bezeichnet hat, imponiert als Atemnot. In manchen Fällen ist die große Atmung das erste Alarmsignal des drohenden Komas. Den Kranken fällt die Atmung auf, sie klagen über etwas Beklemmung und Lufthunger. Das Inspirium ist lang und tief. Das Expirium im Vergleich zu ihm viel kürzer, immer aber noch länger als normalerweise. Die große Atmung ist eine Folge der Überladung des Blutes mit Säuren (β -Oxybuttersäure, Acetessigsäure), wodurch es, infolge Erhöhung der CO_2 Spannung, zur Azidose und damit zur Reizung des Atemzentrums kommt.
4. Auch im urämischen Koma mancher Nierenkranker wird häufig eine Atemnot beobachtet, die mit der KUSSMAULschen (123) Atmung Ähnlichkeit hat. Ihr liegt ebenfalls eine Erhöhung der CO_2 Spannung infolge Azidose zugrunde.
5. Eine psychogene Atemnot kommt nach WIECHMANN (221) bei Hysterie und seelischen Erregungszuständen vor. Für sie ist charakteristisch, daß sie durch körperliche Anstrengung nicht verändert wird.
6. Atemnot ist das regelmäßigste und gewöhnlich auch erste Zeichen einer Herzinsuffizienz. Diese kardiale Atemnot ist ein komplexer Vorgang, bei dem verschiedene Momente eine Rolle spielen.

5. Die Atembewegungen bei statischen und kinetischen Störungen

1. Der Hustenstoß dient nach DITTRICH (43) dem Zwecke, durch Stoß-Ausatmung Fremdkörper, Schleimbestandteile usw. aus der Lunge und den Atemwegen nach außen zu befördern. Die normale Ausatmung vermag nun eine so starke Luftströmung nicht ohne weiteres hervorzurufen, wie sie zu dem angegebenen Zweck erforderlich ist; dazu dienen vielmehr besondere Maßnahmen. Die verstärkte Ausatmung erfolgt unter Benutzung der sämtlichen vorderen und seitlichen Bauchmuskeln, durch die der Inhalt des Bauches zusammengedrängt und damit das Zwerchfell mit großer Kraft in die Höhe getrieben wird. Auf diese Weise und durch gleichzeitige Kontraktion der unteren Zwischenrippenmuskeln verengt sich auch der untere Teil des Brustkorbs und drängt die Luft namentlich aus den unteren Abschnitten heraus. (WENCKEBACH, 218) Die anschließende Einatmung erfolgt daher auch ihrerseits stark forciert. (DITTRICH, 43)

Eine zweite Maßnahme sieht DITTRICH (43) in der Tieferlegung des Festpunkts der Muskulatur der oberen Atmung, also derjenigen bis zur 7. Rippe. Diese Muskulatur findet bei der normalen Atmung einen Festpunkt in Kopf und Wirbelsäule, der bei der Einatmung durch Streckung der Brustwirbelsäule, wobei insbesondere die langen Rückenmuskeln beteiligt sind, noch weiter nach oben und rückwärts verlegt wird und dadurch die inspiratorische Hebung der Rippen erleichtert. Durch das Tiefertreten des Festpunktes an Kopf und Hals haben die oberen Zwischenrippenmuskeln nunmehr Gelegenheit, statt den Brustkorb zu erweitern, die Vorderwand des Brustkorbs zusammenzuziehen und sich damit an der Auspressung der Luft aus den Lungen auch in ihren mittleren und höher gelegenen Teilen zu beteiligen. Die Tätigkeit dieser Muskeln wird ganz wesentlich unterstützt durch den vom Schlüsselbein nach der hinteren Lendenpartie verlaufenden "Hustenmuskel" WENCKEBACHs (218), der beim normalen Menschen nur schwach ausgebildet ist, sich aber bei chronischem Husten stark entwickelt. Er ist nichts anderes, als der durch chronischen Husten kräftig gewordene late-

rale Rand des M. Latissimus dorsi; besonders eindrucksvoll springt er bei Kranken mit Bronchiektasien vor.

2. Die Respiration bei dicken Leuten kennzeichnet DITTRICH (43) durch Empordrängung des Brustkorbs, Erschwerung seiner respiratorischen Bewegungen, "Ausweitung" des unteren Teils, Vorwölbung der Bauchdecken, herabgesetzte Wirkung der Bauchmuskulatur und Behinderung des Zwerchfells im Abwärtssteigen. Die verminderte Saugwirkung des Brustkorbs infolge der oberflächlichen Atmung ist ein Grund für die Abschwächung des venösen Blutkreislaufs und der Lungenzirkulation.

Dicke Leute zeigen, wenn ihr Rumpf gleichzeitig relativ kurz ist, oft eine starke lordotische und übertrieben aufrechte Haltung, die sonst ein Merkmal des kurzen und dicken Pyknikers ist. (WELTZ, 215)

3. Infolge doppelseitiger Hüftverrenkung und meist auch bei progressiver Muskeldystrophie tritt die von DITTRICH (43) näher beschriebene Steilstellung des Beckens ein. Die vorliegenden Verhältnisse sind mit denen bei überstreckter Haltung des Körpers zu vergleichen. Was die Atemmechanik betrifft, so wird der Brustkorb bei aufrechter Haltung wie beim Gesunden länger und flacher. Kann aber beim Stehen des Normalen der untere Teil des Brustkorbes breiter werden, weil der größere Seitenstoß der unteren Rippen sich geltend zu machen versucht, und es auch vermag, so ist dies unter den hier waltenden Verhältnissen nicht der Fall. Vermag beim Normalen der sinkende Brustkorb die Baueingeweide nach abwärts zu drängen, bis - im Vergleich zu diesen Erkrankungen erst ziemlich spät - die Bauchdecken dies hindern, so wird dem Tiefertreten sehr rasch ein Ende gesetzt. Das Brustbein und die vorderen Enden der Rippen werden stark nach abwärts gezogen, und so müssen diese steiler nach unten verlaufen als beim Gesunden und sich der Form des Greisenalters nähern:

Der Brustkorb ist lang, schmal und, was die Breitenausdehnung angeht, gleichsam unten fixiert. Das Zwerchfell steht ziemlich tief, da seine Anheftungspunkte weit unten liegen; die Atmung im Ganzen ist daher eingeschränkt und namentlich die Einatmung behindert.

DIE ATEMBEWEGUNGEN BEI PATHOLOGISCH GEFORMTER BRUSTWAND OHNE STÄRKERE VERÄNDERUNGEN DER WIRBELSÄULE

Durch die Gestalt der beteiligten Knochen und ihre immerhin lose Zusammenfügung zum Brustkorb wird eine große Verschiedenheit an normalen und pathologischen Thoraxformen ermöglicht. (DITTRICH, 43)

1. Beim rachitischen Thorax müssen wir als das Wesentliche bezeichnen: Hochstand des gesamten Brustkorbes, kranio-caudale Abplattung (KATZ, 110), Abflachung und Einziehung der Seitenwände, namentlich von der dritten Rippe abwärts bis in Höhe des Schwertfortsatzes, Erweiterung der unteren Thoraxapertur, Aufbiegen der Rippenbogen nach außen, Kielbrust (mit herzförmigem Querschnitt) und Auftreibung des Abdomens. Die respiratorischen Bewegungen des rachitischen Brustkorbs sind nach DITTRICH (43) im oberen Teil gering, ausgiebig im Bereich des Bauches. Doch behindert naturgemäß die Nachgiebigkeit der knöchernen Brustwandungen den Erfolg der Zwerchfellbewegung und damit die Lüftung der Lungen und den Gasaustausch. "An Stelle ausgiebiger Lungenentfaltung bewirkt die Kontraktion des Zwerchfells eine Ansaugung der seitlichen Thoraxwände - Flankenschlagen - und selbst des Brustbeins; die Folgen sind Dyspnoe, Tachypnoe, Zyanose, Nasenflügelatmen und Erkrankungen der Luftwege" (PFAUNDLER, 148). Es entsteht ein *circulus vitiosus*, die Thoraxdeformität verändert den Atemtyp, und der Atemtyp erhöht die Thoraxdeformität. (DITTRICH, 43)
2. Bei schwer rachitischen Säuglingen wird häufig eine Kielbrust beobachtet: Der Brustkorb erscheint, besonders in seinem vorderen Abschnitt, von den Seiten zusammengedrückt, so daß Sternum und die angrenzenden Rippenteile kielartig hervorspringen. Beim Säugling stellt die weiche, in Flankenatmung sich bewegende untere Brustwand den nachgiebigsten Teil des Thorax dar.

Bei der Kielbrust beobachtet man im allgemeinen Kurzatmigkeit, eine außerordentlich frequente und auch in ihrer Kraft gesteigerte Zwerchfellatmung. Sie hebt sich bei tiefer Einatmung auffallend stark, weil der in seinem unteren Teil in Ausatemungsstellung sich befindende Thorax aus dieser einen weiten Weg zurücklegen muß, um in die extreme Inspirationsstellung zu gelangen. (DITTRICH, 43)

Die Trichterbrust ist charakterisiert durch Einziehung der vorderen Brustwand in der Medianlinie einschließlich des mittleren und unteren Abschnittes vom Brustbein. Entsprechend dieser Einziehung vergrößert sich der quere Thoraxdurchmesser: Ein konstantes Symptom der Trichterbrust. (DITTRICH, 43) Es besteht Kurzatmigkeit und ausgesprochene Neigung zu Bronchialkatarrh.

3. Der Thorax piriformis, Birn thorax, ist oben weit, unten schmal und eng. Hier sind lediglich respiratorische Bewegungen des oberen ballonförmig aufgetriebenen Brustkorbanteils festzustellen, während die unteren Partien völlig unbeweglich bleiben. Da auch die Bauchmuskulatur sich respiratorisch ungenügend betätigt, so ist im Stehen ein Hängebauch vorhanden, der im Liegen verschwindet. Ebenso gleicht sich die Eindellung des unteren Teils der Brustwand bei der letztgenannten Körperlage aus. (DITTRICH, 43)

4. Eine besondere Brustkorbform stellte WELTZ (215) in Zusammenarbeit mit STORM van LEEUWEN und van NIEKERK (190) bei der Untersuchung von Asthmatikern und Emphysematikern fest. Sie findet sich vorwiegend bei Asthenikern, und ist durch eine emphysematisch erweiterte obere Brustkorbpartie, durch eine gradlinige Begrenzung des Brustkorbs auf beiden Seiten (im Gegensatz zum WENCKEBACHsche (218) Thorax piriformis, der in den unteren Partien eingezogen ist), sowie durch eine eigenartige Formung der Rippen gekennzeichnet. Letztere besteht darin, daß die Rippen hinten nahezu horizontal verlaufen (teilweise sogar ansteigen), bei ihrer Wendung nach vorn aber in einem scharfen Winkel nach unten abbiegen, dann seitlich unter starker kaudalwärts konkaver Krümmung verlaufen, während das Bild des seitlichen Rippenverlaufs in der Form von Geraden in der Regel nur geringförmig abweicht.

5. Den emphysematösen Thorax beschreibt DITTRICH (43) als kurz, breit und namentlich tief: "faßförmig". Der Verlauf der unteren Rippen ist flach, der Horizontalen genähert, der epigastrische Winkel daher stumpf; die Zwischenrippenräume sind eng. Der Brustkorb steht in dauernder Inspirationsstellung. Bei starr dilatier-tem Thorax zeigt sich meist der Neigungswinkel der oberen Brust-
apertur während der Atmung vermindert, da die Bewegungsfähig-
keit der oberen Brustkorböffnung stark herabgesetzt ist. Der Brust-
korb steht mit seinem ganzen Bewegungsmechanismus schon in
Ruheverhältnissen nahe der Grenze seiner Leistungsfähigkeit (v.d.
VELDEN, 215). Die Atembewegungen sind in schweren Fällen be-
schleunigt, die Inspirationen kurz und angestrengt, dabei die Ex-
kursionen der einzelnen Rippen gering. Der Thorax wird als Gan-
zes stark gehoben. Die Ausatmung ist verlängert, der Expirations-
druck sinkt auf 100 - 80 mm, die Vitalkapazität auf 2000 und
1000 herab.
6. Den phthisischen und paralytischen Thorax finden wir mit
DITTRICH (43) lang, schmal und oft flach. Die Zwischenräume
sind breit, der epigastrische Winkel ein spitzer, die Supra- und
Infraclaviculargruben eingesunken, die Schulterblätter abste-
hend. Die oberen Brustkorbabschnitte finden wir mangelhaft, dagegen die
unteren Anteile gut entwickelt. Die obere Apertur zeigt abnorme
Steilstellung, das obere Brustbeinende eine starke Annäherung an
die Wirbelsäule.

Die Bewegungen der beschleunigten, zuweilen hochgradig frequen-ten Atmung erfolgen dementsprechend fast ausschließlich im unte-
ren Brustabschnitt und der Zwerchfellgegend, während die obere
Atmung hier nur in geringem Maße bei vertiefter Atmung in An-
spruch genommen werden. Wichtig ist der Nachweis einseitiger Be-
schränkung der Atembewegungen.

7. Operativ kann die Atem- bzw. Lungenbewegung hauptsächlich
durch drei Methoden beeinflusst werden, die von ANTHONY und
HEINE (6) für gewisse Fälle nacheinander empfohlen werden:
Phrenikusexairese, Pneumothorax- (versuch) und Thorakoplastik.
Diese Reihenfolge hat DITTRICH (43), ohne auf die Frage der
Indikationsstellung einzugehen, bei Besprechung der Einzelheiten

ihrer Einwirkung auf die Atembewegungen, beibehalten. Wenden wir uns nun den eben angeführten Operationsmethoden im einzelnen zu.

Um die Bedeutung der Phrenikusexairese für den Typus der Atmung zu erkennen, müssen wir uns daran erinnern, daß das Zwerchfell vorwiegend den Lungenunterlappen ventiliert, den Lungenoberlappen aber nahezu unbeeinflußt läßt. Da Tuberkulose und Kavernen meist im Lungenoberlappen, insbesondere in den Lungenspitzen auftreten, so verliert die Phrenikusexairese u.U. ihren Sinn. Nur wenn etwa der Lungenunterlappen tuberkulös infiziert ist, wird sich die Phrenikusexairese als zweckmäßig erweisen. (DITTRICH, 43)

Bei Zwerchfelllähmung wird also die Wirkung des Zwerchfells auf die unteren Lungenpartien aufgehoben, und dadurch die respiratorische Bewegung der Lunge, besonders des Unterlappens, beträchtlich eingeschränkt, wenn auch diese Wirkung nicht überschätzt werden darf, da das Zwerchfell ja nur Hilfseinatmer ist; die Funktion des Oberlappens wird dagegen nicht gestört.

Als versteifendes Organ - seine Hauptfunktion - vermag das Zwerchfell indes nur in tonisiertem Zustand zu wirken, da die Scheidewand von Brust- und Bauchhöhle, sobald sie erschlafft ist, nur passive Bewegungen ausführt und vom Unterdruck des Brustraums angesaugt wird. Während der Unterlappen der Lunge sich also bei tonisiertem Zwerchfell in der Einatmung ausdehnt, kann er sich nach Phrenikusexairese zusammenziehen und wird hierin außerdem durch den intraabdominellen Druck unterstützt, der ihn zusammenpreßt. Der Zweck der Phrenikusexairese-Stillegung des unteren Lungenlappens kann also nur erreicht werden, wenn die Tonisierung des Zwerchfells aufgehoben ist. Deshalb muß die Phrenikusexairese sämtliche Phrenikusfasern erfassen (es sind oft neben dem Hauptphrenikus noch Nebenphrenici vorhanden), da sonst nur eine Herabsetzung der normalen Zwerchfellbewegungen, nicht eine Stillegung desselben, erreicht wird.

Von DÜNNER und MECKLENBURG (46) durchgeführte experimentelle und klinische Beobachtungen lehren, daß bei Phrenikusexairese die betreffende Lungenseite nicht von der Atmung ähnlich wie beim Pneumothorax ausgeschaltet wird. Das Zwerchfell steht nicht still, sondern

macht geradezu Bewegungen, bei denen der Unterlappen beim Inspirium stärker komprimiert wird, während er in der Expiration dem nach unten tretenden Zwerchfell nachfolgen muß. Der günstige Einfluß der Phrenikusexairrese bei Lungentuberkulose ist vielleicht durch nervöse Faktoren zu verstehen. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß man heute die Phrenikusexairrese sehr viel seltener ausführt, als noch vor wenigen Jahren, seit man erkannt hat, daß sie für Stillstand des Lungenoberlappens annähernd ohne Bedeutung ist (WEBER, 213), sie scheint bei Spitzenaffektion nur dann angezeigt, wenn durch Verschwartung des Interlobärspalts die dann vorhandene Fernwirkung des Zwerchfells ausgeschaltet werden soll. Der Erfolg der Phrenikusexairrese äußert sich in einer Verkleinerung der Brusthöhle um durchschnittlich 400 - 800 ccm BRUNNER (22), während ihre Größe eingeengt werden kann. (ALEXANDER, 4) Sie wird meist einseitig ausgeführt. Bei Erkrankung beider Lungen wird die meist beteiligte Lunge ruhig gestellt. Die Ruhigstellung der Lunge nach Phrenikusexairrese kann durch Ausschalten der Brustmuskulatur, z.B. durch zirkuläre Heftpflasterverbände gesteigert werden.

GÖTZE (66) bezeichnet als radikale Phrenikotomie die Durchtrennung nicht nur des Hauptstammes des Phrenikus, sondern auch der "subclavischen Nebenwurzeln", nämlich des Nervus subclavius und etwaiger in der Nähe parallel verlaufender Nervenäste. Die - noch immer genügend Schwierigkeiten bietende - Phrenikusexairrese läßt sich jedoch technisch einfacher und leichter durchführen und verdient deshalb eine gewisse Bevorzugung.

Die besondere physikalische Wirkung des Pneumothorax - seine Anwendung erfolgt heute fast allgemein intrapleural - besteht in der Druckänderung innerhalb der Brusthöhle, die sich über den ganzen von dem Gas erreichten Raum erstreckt. Der Druck ist nicht an ein bestimmtes Niveau gebunden bzw. durch ein solches begrenzt, wie hydrostatischer Druck - etwa von Ergüssen -, der proportional zu der geometrischen Höhe der Flüssigkeitssäule von oben nach unten zunimmt. Bei vorhandenem Erguß ist die Druckänderung in den basalen Teilen des Brustkorbs hydrostatischer, in den über dem Erguß gelegenen Teilen pneumatischer Natur. Die Druckveränderungen in der Brusthöhle bei Pneumothorax sind zunächst auf der pneumatisierten

Seite vorhanden, wo sie in einer Druckerhöhung bestehen, die zu einem teilweisen oder völligen Kollaps der Lunge der pneumatisierten Seite führt. Man pflegt einen Pneumothorax durch mehrmalige Nachfüllung anzulegen. Da die Fähigkeit der Lunge, sich zu erweitern, von der Druckdifferenz im Innern der Lunge und an deren Außenseite abhängt, so ist die Ausdehnungsfähigkeit der Lunge nach Maßgabe der durch den Pneumothorax erfolgten Druckerhöhung und entsprechend die Vitalkapazität vermindert. Gegen die Norm wenig verändert sind bei Pneumothorax die Atembewegungen des Brustkorbs; verändert sind dagegen diejenigen der Lunge und des Zwerchfells. Das Mittelfell, das sonst keine wesentlichen Atembewegungen ausführt, wird unter dem Einfluß des Pneumothorax ebenfalls, und zwar passiv, bewegt. Da das Herz keinen Widerstand an der Lunge mehr findet, so werden seine seitlichen Bewegungen besonders groß. (KUHLMANN, 122)

Auch der doppelseitige Pneumothorax zeigt diese Veränderungen der Atembewegungen. Wesentlich verschieden sind die Atembewegungen der kranken Lunge und des Zwerchfells auf der Pneumothoraxseite, je nachdem der Pneu ein offener, d.h. dauernd mit der Außenluft in Verbindung stehender, oder ein geschlossener ist. (DITTRICH, 43) Bei geschlossenem Pneumothorax fand DITTRICH (43) die Atembewegungen der gesunden Lunge und des Zwerchfells der gesunden Seite nicht beeinträchtigt. Die kranke Lunge erweitert sich mäßig bei der Einatmung, solange auf der kranken Brustkorbseite noch negativer Druck bei der Einatmung zustande kommt. Ist dies nicht mehr der Fall, überschreitet also der Pneudruck den Atmosphärendruck um ein Geringes, so bleibt die kranke Lunge bei der Einatmung kollabiert, führt also keine Atembewegung aus. Das Zwerchfell ist auf der Seite des Pneu abgeflacht. Bei der Ausatmung zieht sich die kranke Lunge, sofern sie sich bei der Einatmung ausgeweitet hat, wieder zusammen (DITTRICH, 43)

Bei offenem Pneu dagegen werden die Atembewegungen der gesunden Lunge von der Pneuseite aus beeinflusst. In der Ruhelage ist der Pneudruck gleich dem Atmosphärendruck. Bei der Einatmung wird er etwas kleiner, bei der Ausatmung um ein Geringes größer als dieser. Das Zwerchfell ist bei offenem Pneu auf der kranken Seite abgeflacht,

und flacht sich bei der Einatmung weiter ab. Die Lunge der kranken Seite ist kollabiert und führt keine wesentlichen Atembewegungen aus; sie fällt also funktionell aus. Während der Ausatmung besteht jedoch im Bronchialsystem der gesunden Lunge ein positiver Druck, die Atemluft hat daher die Möglichkeit, bei ihrer Ausbreitung nach allen Richtungen auch in die kollabierte Lunge einzudringen und diese etwas auszuweiten. Besonders stark tritt dies bei Husten oder Pressen in Erscheinung. (DITTRICH, 43)

WINKLER (226) beschäftigte sich mit den Schwankungen, wie sie unmittelbar nach der Erstanlegung des Pneumothorax unter dem Einfluß der veränderten Druckverhältnisse beobachtet wurden. Die Fieberkurve zeigte kein gesetzmäßiges Verhalten, meist trat unmittelbar nach Anlegung des Pneu eine Erhöhung der Temperatur um 1° ein. Die Ursache hierfür lag in der anfänglich vermehrten Ausschwemmung von Giftstoffen aus der erkrankten Lunge in den Kreislauf. Andere Patienten zeigten keinen Temperaturanstieg, wieder andere zeigten ein unmittelbares Abfallen des Fiebers. Nach Einleitung der Behandlung entsprechend des Fiebers wurde auch ein Frequenterwerden des Pulses beobachtet. Der Blutdruck blieb im allgemeinen unverändert. Für eine gelegentlich eingetretene Pulsverlangsamung wurde eine anfängliche Überladung des Blutes mit Kohlensäure oder auch direkte Vaguseinflüsse verantwortlich gemacht. Mit der Steigerung der Temperatur und des Pulses, zuweilen aber auch unabhängig davon, trat eine Steigerung der Atemfrequenz ein. Atemnot trat bei nicht vermehrten Ansprüchen nicht ein. Die andere Lunge wurde stark durchblutet und atmete vertieft durch Verstärkung der Inspiration. Dies genügte, um eine gleichbleibende Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes zu gewährleisten. Häufig trat innerhalb der ersten Woche eine Gewichtsabnahme ein, die sich später wieder ausglich, je nach dem Heilungsvergange. Dauernde Gewichtsabnahme zeigte Fortschreiten des krankhaften Prozesses an.

Weitere Komplikationen von Brustkorbdruk und Atembewegung entstehen bei Ventilpneumothorax. Gelangt Luft bei der Einatmung in den Pleuraraum, und kommt es bei der Ausatmung zum ventilähnlichen Verschuß der Eintrittspforte, so haben wir den Ventilpneu. Des weiteren entwickelt sich hier der Spannungspneumothorax, der die Atmung sehr erschwert und das Leben des Patienten sehr gefährdet, wenn

nicht innerhalb weniger Stunden die Ursache des Übels, die dauernde Druckspeicherung im Brustkorb, behoben wird (ALEXANDER, 5). Hilfs- und Ergänzungsluft werden durch den einseitigen Pneu so beeinflusst, daß in jedem Fall die Atemruhelage dem neuen Gleichgewicht der Atemkräfte entspricht. Daher erhält man bei verschiedenen Kranken keine übereinstimmenden Befunde. Die gesunde Lunge ist meist emphysematös erweitert. Bei der Ausatmung hat bei bestehendem Pneu auch die Bauchdecke erhöhte Arbeit zu leisten, sie kann durch eine gut sitzende Leibbinde unterstützt werden. Außer dem operativen Pneu kommt gelegentlich ein Spontanpneu als Sportverletzung beim Schwimmen, Tauchen und Springen vor, infolge der enormen Belastungen, die diese Sportarten hin und wieder für die Atmungsorgane mit sich bringen. (DITTRICH, 43)

Was nun die Thorakoplastik anbelangt, so resezierte WILMS (225) bei der heute bereits überholten paravertebralen Pfeilerresektion zunächst nur die oberen 7 Rippen. Um auch die Lungenbasis zum Einsinken und das Zwerchfell zum Erschlaffen zu bringen, empfahl SAUERBRUCH (175) die paravertebrale Resektion der 1 - 11 Rippe. Diese vermeidet im allgemeinen das Mediastinalflattern, die paradoxe Atmung als Folge des Brustwandflatterns und Hinüberpendelns der Luft von der einen zur anderen Seite. Durch Ausführung der SAUERBRUCHschen (175) paravertebralen Resektion der 1 - 11 Rippe wird derselbe Zustand wie bei geschlossenem Pneumothorax erreicht. Die operierte Brustwand bewegt sich, wenn auch nur in geringem Maß gleichsinnig mit der gesunden. Die gesunde Seite ist meist kompensatorisch vergrößert, die Brustkorbmuskulatur der kranken Seite schwach und reduziert und bedarf deshalb nach Heilung der Übung, um der operierten Brustkorbhälfte wieder wirksame Anteilnahme an den Atembewegungen zu ermöglichen (HOFBAUER, 99). Die durch Thorakoplastik erreichbare Verschmälerung der Brustwand beträgt nach DITTRICH (43) in der Regel $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ des normalen Maßes. In extremen Fällen bis zu $\frac{3}{4}$ der ursprünglichen Breite. Die Einengung erfolgt vorwiegend in frontaler, weniger in sagittaler Richtung. Andererseits konnte bei einigen Kranken, wie wir von ALEXANDER (5) in Erfahrung bringen konnten, ein Unterschied der Brustkorbbreite rechts und links in der Mamillarhöhe von 4 - 9 cm bei tiefster Ausatmung, von etwa 7 cm in der Einatmung festgestellt werden.

Bei Thorakoplastik ist, wie DITTRICH (43) stets beobachtete, die Brustkorbatmung mehr oder minder herabgesetzt. Verschiebungen in der Atmungsmittellage können bei stärkerer Verminderung der Brustkorbatmung vorwiegend nur in der Zwerchfellatmung stattfinden und diese erhält damit ein Übergewicht in der Bestimmung der Mittellage der Gesamtmung. Die Thorakoplastik hat keine prinzipiellen Funktionsstörungen zur Folge. Die nach der Operation ausreichende Atmung wird nur bei Anstrengungen u.a. dyspnoisch, oft vermag sie aber selbst größeren Anforderungen noch zu genügen. Infolge der kompensatorisch gesteigerten Leistung der gesunden Lunge ist diese jedoch stets, insbesondere in den mittleren Abschnitten, emphysematös.

In manchen Fällen, in denen die paravertebrale Rippenresektion kontraindiziert wäre oder zu einer ungenügenden Brustwandeinengung führen würde, schlägt DITTRICH (43) Stilllegung kranker Lungenteile (meist des Spitzengebietes) durch Plombierung vor. Die Gefahr der Aspiration der extrapleural für dauernd oder nur temporär gesetzten Plombe nach dem Unterlappen läßt u.a. die vorhergehende Anwendung der Phrenikotomie angezeigt erscheinen. Auch können andere Organe durch Verdrängungserscheinungen bedroht werden, so daß die Plombe im allgemeinen nur umschrieben anwendbar ist, größere Plomben aber jedenfalls ein festes Mittelfell voraussetzen.

Die besprochenen 3 Operationen stehen in einer gewissen Beziehung zu einander, es kommt denselben eine verschiedene Bedeutung oder Wirkung zu, so daß u.a. die eine der Operationen zur Ergänzung einer anderen herangezogen wird. (DITTRICH, 43)

Ist bei doppelseitiger Erkrankung die paravertebrale Rippenresektion als Verfahren der Wahl ausgeschlossen, so kann eine umschriebene Plastik zusammen mit Phrenikusexairese mit Erfolg Anwendung finden, wenn eine vorausgegangene Rippenresektion den Lungenunterlappen nicht genügend eingeengt hat; schon wegen der bestehenden paradoxen restlichen Zwerchfellbewegung ist ja die Ruhigstellung der Lunge durch Phrenikotomie nie eine vollständige. Die gemeinsame Anwendung beider Eingriffe erhöht die Wirkung von beiden. Phrenikusexairese und das Kollapsverfahren kommen dagegen als selbständige Eingriffe vorzugsweise nur bei umschriebener tuberkulöser Erkrankung des Unter- bzw. Oberlappens in Betracht, und ihre Wirkung ist eine umschriebene. Phreniko-

tomie hat sich wegen ihrer umgrenzten Einwirkung vorzugsweise auch dann als Verfahren der Wahl zur Ruhigstellung der meist beteiligten Lunge erwiesen, wenn die Anwendung von Plastik oder Pneumothorax zu Bedenken Anlaß gab (DITTRICH, 43).

DIE ATEMBEWEGUNGEN BEI VERÄNDERUNGEN DER WIRBELSÄULE

Neben der Brustwand beteiligt sich an den Formveränderungen des Thorax, wie DITTRICH (43) hervorhebt, auch die Wirbelsäule. Ihr und ihrer Muskulatur fällt bei der Atmung eine wichtige Aufgabe zu. Eine Formveränderung des Rückgrats muß daher den Ablauf des Atemmechanismus weitgehend beeinflussen. Auch weist DITTRICH (43) darauf hin, daß die bei Sportsleuten häufig zu findende "spezifische" Buckelbildung meist keinen Einfluß auf den Ablauf der Atembewegung hat und anders zu bewerten ist, wie eine durch Krankheit entstandene Kyphose, deren Betrachtung wir uns im folgenden zuwenden wollen.

1. Die Kyphose

Eine kyphotische Verbiegung der Wirbelsäule schränkt die Bewegungsmöglichkeit des Brustkorbes ein, im wesentlichen durch Verschiebung der Ansatzpunkte der Atemmuskulatur, inbegriffen der des Zwerchfells. Ist der Rundrücken fixiert, so kommt die Unmöglichkeit hinzu, die Wirbelsäule bei der Einatmung zu strecken. Kyphosierung wirkt daher im Sinne der Ausatmung (SAUERBRUCH, 174). LÖSCHKE (129) und ENGELHARD (49) studierten eingehend die Kyphosen der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte. Die von ihnen gefundenen wichtigen Ergebnisse müssen auch unserer Darstellung zugrunde gelegt werden.

Ersterer hat ausführlich dargetan, daß eine Kyphose der oberen Brustwirbel eine Senkung der Rippen bewirkt und zu einer kompensatorischen Hebung des ganzen Rippengerüsts führt. Dadurch werden die an den oberen Brustwirbeln ansetzenden Rippen in Einatmungsstellung gedrängt und die zwischen Wirbelsäule und Rippen ausgespannten Bänder an die obere Brustwirbelsäule fest verankert. Die gewöhnliche Atmung hierbei ist auffallend oberflächlich und sehr beschleunigt (ca. 48 Züge in der Minute). Die willkürlich vertiefte Atmung erfolgt mit bedeutend geringerer Tiefe als bei Gesunden, wobei das expiratorische Niveau sich der maximalen Ausatemungslage nähert.

Im mittleren Bereich der Brustwirbelsäule werden durch die Ausbiegung nach hinten die elastischen Kräfte in ihrem mechanischen Verhältnis zueinander auf einen engen Raum verschoben und gegenseitig beeinflusst. Die obersten Brustwirbel senken die an ihnen ansetzenden Rippen z.T. gar nicht oder weniger als bei Kyphosen der oberen Thoraxwirbel, da sie mit der Halswirbelsäule in eine kompensatorische Lordose übergehen; die untersten Rippen werden durch die ausgleichende Lendenlordose durch Hebung zwar inspiratorisch beeinflusst, aber nicht expiratorisch fixiert. Der Thorax steht in seinem mittleren Teil sicher unter einer erhöhten Spannung, ist aber nach oben bedeutend weniger fixiert als der Kyphosenthorax der oberen Brustwirbel; die ersten Rippen werden ebensowenig wie die untersten in ihren elastischen Kräften der gewöhnlichen Inspiration ein Hindernis entgegensetzen, und der Brustkorb wird gleichsam über den sich entgegenarbeitenden elastischen Kräften seines Mittels hin- und herpendeln. (DITTRICH, 43)

Bei den Kyphosen der unteren Brustwirbelsäule liegen die Verhältnisse, von denen uns ebenfalls DITTRICH (43) berichtet, wieder ganz anders. Durch die erhebliche kompensatorische Lendenlordose ist der Thorax stark gehoben. Schon wenige Atemzüge zeigen, daß der Thorax sein Atmungsniveau erheblich zu ändern vermag. Hier sind die bereits geschilderten Spannungsverhältnisse der elastischen Kräfte weiter nach unten verlegt, wobei durch die Einwärtskrümmung der unteren Thorakalwirbelsäule der Thorax hochgedrängt wird und die darüber liegenden, kyphotisch gesenkten Rippen inspiratorisch beeinflusst werden. Die oberen Rippen und Bänder setzen der Inspiration kein Hindernis entgegen, wenn die auxiliären Hilfsmuskeln der Tiefatmung in Funktion treten. Bei gewöhnlicher Atmung aber zeigt sich eine Zweiteilung des Expiriums und daraus erhellt, daß die hier vorwiegend in Betracht kommenden elastischen Kräfte der mittleren Thoraxwirbelsäule einer stärkeren Hebung des Thorax entgegenarbeiten.

Der Thorax zeigt nach den Beobachtungen DITTRICHs (43) bei ruhiger Atmung das Bild der normalen Atembewegungen. Erst bei tiefer Respiration geht aus den sehr geringen Exkursionen die bedeutende Fixation des Thorax nach oben hervor, die durch die pathologische Stellung der unteren Partien bedingt ist. Anatomisch kann dies in einem am unteren Ende nach einwärts gezogenen Sternum zum Ausdruck kommen.

Zusammenfassend stellen wir also mit DITTRICH (43) fest:

Bei einer Kyphose der oberen Brustwirbelsäule ist die ruhige Atmung behindert, die tiefe sehr behindert.

Bei einer Kyphose der mittleren Brustwirbelsäule ist die ruhige und tiefe Atmung annähernd normal.

Bei einer Kyphose der unteren Brustwirbelsäule ist die ruhige Atmung normal, die tiefe behindert.

d.h. eine Kyphose der oberen Brustwirbelsäule behindert die Atmung am stärksten, dann folgt die der unteren. Bei Kyphosen der mittleren Brustwirbelsäule besteht fast normale Atmung.

Im Gegensatz zu den Wirbelsäulenverbiegungen im Sinne des Rundrückens entwickelt sich gelegentlich eine Abflachung der normalen Wirbelsäulenkrümmung, ein Flachrücken. Diese "Aufbiegung" der physiologischen Krümmung betrifft die ganze Wirbelsäule und findet sich häufig bei Engbrüstigen. Beim flachen Rücken ist der Verlauf der Rippenpaare der Horizontalen genähert und der Brustkorb verhältnismäßig starr. Durch diese Behinderung seiner Ausdehnungsfähigkeit ist die Atmung beeinträchtigt, oberflächlich und bei weitem nicht so ergiebig, wie unter normalen Verhältnissen. (DITTRICH, 43)

2. Die Skoliose

Wenn wir uns nun der Skoliose zuwenden, so wollen wir der Meinung DITTRICHs (43) beipflichtend, daran denken, daß die beiden Hälften des knöchernen Thorax die extremsten Atemstellungen darstellen; auf der einen Seite stehen die Rippen weit voneinander entfernt, auf der anderen einander stark genähert. Solch ausgedehnte Veränderungen können für die Atmung natürlich nicht gleichgültig sein.

Bei Besichtigung einer Skoliose während der Atmung ist als Gesamtwirkung der letzteren auf den Bewegungsablauf vor allem festzustellen:

Bei tiefer Einatmung scheint vom Oberbauch, wo gewöhnlich eine Einziehung in Gestalt einer Querrunde besteht, durch das Hervortreten dieser Gegend gleichsam der Impuls für die gesamte Atembewegung auszugehen, ein Bewegungsstoß, der den Rumpf nach oben und den Unterbauch nach unten treibt.

Durch die dabei zustande kommende Streckung des Körpers wird der nach vorn und unten gesunkene Thorax gehoben und die Fehlstellung dadurch verringert. (DITTRICH, 43)

Die Atembewegungen im einzelnen werden wir jedoch am besten verstehen, wenn wir DITTRICH (43) folgen und uns die pathologisch anatomischen Verhältnisse des skoliotisch verkrümmten Thorax klar machen. Sehen wir uns zu diesem Zweck einige Rumpfskelette von Skoliotikern an und beobachten wir insbesondere die Stelle der Hauptverbiegung. Es sei hierbei natürlich nur von Wirbelsäulenverbiegungen die Rede, welche den Brustabschnitt betreffen bzw. den Brustkorb zu beeinflussen imstande sind. Je nachdem der Scheitel der Verkrümmung in der oberen oder unteren Brustwirbelsäule gelegen ist, wird der Verlauf der Rippen ein wesentlich anderer. Aus diesen Differenzen erklären sich auch die klinisch festzustellenden Unterschiede, die "Typen" in der Atembewegung bei verschiedenen skoliotischen Patienten (DITTRICH, 43).

Bei der Skoliose verlaufen die Rippen an dem Wendepunkte der Wirbelsäulenbiegung ungefähr waagerecht. Bei rein seitlichen Verbiegungen sind sie auf der konkaven Seite oberhalb des Scheitelpunktes gehoben, unterhalb gesenkt, auf der Konvexität oberhalb des Scheitels gesenkt, unterhalb gehoben, immer im Vergleich zu einer Horizontalebene durch den normal stehenden Wirbelkörper.

Bedingt durch die erörterte Rippenstellung haben die Skoliosen im oberen Brustteil, wie DITTRICH (43) erwähnt, auf der konkaven Seite eine Zone mit starker Hebung der Rippen, hier gewöhnlich eine Zone vergrößerten Volumens und im unteren Teil der konvexen Seite ebenfalls eine solche, wenn auch nicht so stark ausgeprägt.

Was die Länge der Rippen anlangt, so sind diejenigen verlängert (z.T. 4 cm), die gegen ihre ursprüngliche Verlaufsrichtung gesenkt sind. Die expiratorisch stehenden gestreckten Rippen sind länger, die inspiratorisch gehobenen kürzer. Das erscheint verständlich, wenn wir überlegen, daß die Streckung Folge eines Zuges ist, und der Zug eine Förderung des Längenwachstums bewirkt, die Biegung aber als Folge eines Druckes eine Hemmung in der Ausdehnung hervorruft. (DITTRICH, 43)

Die Lungen weisen eine geringe Höhe auf, sind von der Seite betrachtet im Bereich des Oberlappens breit und ohne eigentliche Spitze, flächenhaft begrenzt, die Unterlappen enden weit oben.

Das Mittelfell erfährt oft nicht nur eine Seitenverschiebung, sondern auch eine Flächenverwindung entsprechend der kyphotischen und der skoliotischen Komponente der Wirbelsäulenverbiegung.

Das Zwerchfell zeigt bei höheren Graden von Skoliose eine Abflachung seiner Kuppen; der Winkel zwischen ihm und der konkaven Brustwand ist groß, nähert sich einem Rechten, d.h. der Komplementärraum ist verstrichen; nur eine geringe Erweiterung des Brustraumes wird bei Tieferreten des Zwerchfells erzielt, der Ventilationseffekt ist somit gering. Das Zwerchfell kontrahiert sich abnorm. Dabei erfolgt eine einseitig nach oben gerichtete Drehung des ganzen starren Brustkorbs um einen fixen Punkt im Zentrum tendineum des Zwerchfells.

(DITTRICH, 43) Das Zwerchfell ist somit bei der Skoliose zu Ungunsten der Brusthöhle verschoben, dadurch ergibt sich eine Hebung und Querstellung des Herzens unter einer gewissen Verlagerung nach der konkaven Seite hin.

Betrachten wir nunmehr die einzelnen Arten der Skoliose in ihren Beziehungen zur Atmung:

1. Die angeborene, durch Keilwirbel bedingte Skoliose, bei der gelegentlich einseitig eine oder zwei Rippen zu viel vorhanden sind, beeinflusst die Atmung im allgemeinen nicht.
2. Bei der statischen Wirbelsäulenverbiegung, die durch ungleiche Länge der Beine entsteht und sich gewöhnlich nur fixiert, wenn eine Kontraktur des Hüftgelenks entstanden ist, die nie höhere Grade annimmt und keine richtige Torsion aufweist, wird man keine engeren Beziehungen zur Respiration erwarten. Diese Form der Skoliose nimmt etwas stärkere Grade an, wenn das verkürzte, nicht kompensierte Bein das linke ist. Dann verstärkt eine dadurch hervorgerufene Links-skoliose der Lendenwirbelsäule, kompensatorisch eine bereits vorhandene, geringe physiologische Rechts-skoliose der Brustwirbelsäule, und entsteht eine Brustkorbform, wie sie in der Norm bei einer Linksbeugung des Rumpfes hervorgerufen wird (SAUERBRUCH, 175):

Zu dieser Gruppe hat man auch nach der Ansicht DITTRICHs (43) die leichten Skoliosen durch Schiefhals zu rechnen. Hier könnte sich erst durch Verwendung der Hilfsatemmuskeln bei oft vertiefter Atmung die Verkürzung des M. Sternocleidomastoideus auswirken.

3. Die habituelle Wirbelsäulenverkrümmung wird durch einen schlaffen und dabei flachen Rücken begünstigt im Gegensatz zur abnorm starken Ausbildung der physiologischen Krümmungen. Das Insichzusammensinken des Rumpfes behindert die Atembewegung.

Als habituell erworben kann man auch diejenigen Skoliosen ansehen, die durch oft wiederholte oder dauernde exzentrische Belastung der Wirbelsäule entstanden sind. Solche Belastungen, bei denen Lastrichtung und Widerstandsachse nicht genau zusammenfallen, werden auch hervorgerufen durch zusätzliche Belastungen auf der einen Körperseite oder durch Wegnahme "belastender" Körperteile auf der anderen Seite, insbesondere bei Operationen verschiedener Art, von welchen nebst Oberarmamputation die Thorakoplastik am meisten ins Gewicht fällt.

4. Durch Thoraxdeformitäten entstandene Skoliosen:

- a. Primäre Thoraxdeformitäten:

Operativ gesetzter vereinzelter Rippendefekt erzeugt keine Skoliose. Nach Thorakoplastik gelangen gelegentlich nur leichte Skoliosen konvex nach der operierten Seite zur Beobachtung. Sie sind eine Folge der Atrophie der Rückenstrecker auf der operierten Seite, so daß die Muskulatur der nicht operierten Seite das Übergewicht erhält.

Die bedeutsamen Veränderungen in der Brustwand bei Trichterbrust führen in 50% der Fälle zur Skoliose. Sie ist eine sekundäre, von der Deformation der Rippen und der Brust ursächlich abhängige. Man kann sie am besten der postpleuritischen vergleichen. Die Atembewegungen bilden in schwereren Fällen eine Kombination der bei der Skoliose bereits geschilderten Atmungsart.

Nach Mammaamputation, bei der meist die Mm. pectorales mit entfernt werden, entsteht keine Skoliose. Der Ausfall der Brustmuskeln macht sich hinsichtlich der Atmung nur bei Aufstützen

der Arme bemerkbar. Nach einseitiger Oberarmamputation ist im allgemeinen eine Totalverbiegung der Wirbelsäule konvex nach der amputierten Seite vorhanden; offenbar wirkt lediglich der gesunde Arm durch sein Gewicht.

b. Sekundäre Thoraxdeformitäten.

Die Skoliose bei hochsitzendem Lungensteckschuß ist infolge Höher-tretens der Schulter (HOFBAUER, 100) (Schmerzverminderung) konvex nach der verletzten Seite; diese bleibt im allgemeinen bei der Atmung zurück.

Die Skoliose bei Lungenschrumpfung und Narbenzug der Lunge liegt mit ihrer Konvexität bei unversehrtem Brustkorb auf der gesunden Seite, da der Narbenzug additiv zu dem Muskelzug der Rückenstrecker auf der erkrankten Seite hinzutritt. Sie liegt dagegen auf der erkrankten Seite nach Unterbrechen des Rippengitters (Thorakoplastik) infolge Übergewicht des Muskelzuges auf der erhaltenen gesunden Seite. (SAUERBRUCH, 175) (wie bei postpleuritische Skoliose).

Die postpleuritische bzw. postempyematische Skoliose ist, falls nicht operiert wurde, konvex nach der gesunden Seite. Sie steht im Zusammenhang mit dem zufolge eines allgemeinen gültigen Gesetzes eintretenden Raumausgleich bei Vorhandensein von Raum-lücken in Körperhöhlen, die durch Wegnahme oder pathologische Verkleinerung ihres Inhalts entstehen, insoweit hieran außer der Verschiebung innerer Organe auch die äußere Körperhülle teil-nimmt. (SAUERBRUCH, 175) Die steil verlaufenden kantigen Rippen liegen gewöhnlich dachziegelartig gedrängt aufeinander. Erfolgt ausgedehnte Rippenresektionen, so bildet sich meist eine Skoliose konvex nach der Seite des Eingriffs, wie stets bei Atrophie der Rückenstrecker der einen und überwiegenden Einfluß derjenigen der anderen Seite.

5. Durch Erkrankung des Nervensystems entstandene Skoliosen.

Die Lähmungsskoliose weist im allgemeinen die stärksten Verbiegungen auf. Man sollte erwarten, daß der gesunde lange Rückenstreckmuskel die Konvexität nach der kranken Seite legen würde, doch ist meistens die gesunde Seite die konvexe. - Um den Ent-

stehungsmechanismus zu erkennen, ist die Art der Muskelheftung zu berücksichtigen und die Verlegung des Rumpfgewichtes nach der kranken Seite, wo es durch die Muskulatur der gesunden Seite im Gleichgewicht gehalten wird. Die Lähmungsskoliose zeigt die für seitliche Wirbelsäulenverbiegungen im allgemeinen beschriebene Atmungsart besonders ausgeprägt.

Die Skoliosis ischiadica und hysterica haben keine Beziehungen zur Atmung.

Was die rachitische seitliche Wirbelsäulenverbiegung anbetrifft, so liegt bei frühkindlich entstehender Skoliose der Hauptkrümmungsscheitel tief; je später sie sich ausbildet, desto höher rückt er hinauf, den kleinen Verhältnissen entsprechend wird die Krümmung scharfbogig. Diese Skoliose ist als primär aufzufassen, die Behinderung der Atmung sehr geringfügig.

6. Skoliosen innersekretorischen Ursprungs sind:

Die Pubertäts-,

Die Schwangerschafts-,

Die osteomalazische Skoliose.

Nur letztere erreicht gewöhnlich hohe Grade, bei ihr ist meist die kyphotische Komponente besonders ausgebildet hochsitzend, verbunden mit Tieferücken des Sternums und seitlicher Kompression der steil nach abwärts gerichteten Rippen.

3. Die Spondylitis

Sie ist (in ihrer Auswirkung auf die Atmung), wenn mehr als ein Wirbelkörper ergriffen und vorausgesetzt, daß die Lunge gesund und der Knochenprozeß abgeheilt ist, in Bezug auf die Beschränkungen der Atmungsbewegung wie eine Kyphose zu bewerten. (DITTRICH, 43)

4. Morbus BECHTEREW (12)

Bei der chronischen Versteifung der Wirbelsäule (Morbus BECHTEREW, 12) wird die Behinderung der Atmung verschieden gefunden je nach Beteiligung der Rippenwirbelgelenke; sie kann hochgradig sein.

Die Ursachen der Atembehinderung sind hier:

1. die statische Veränderung: die Wirbelsäule kann nicht gestreckt und die meist vorhandene Kyphose nicht abgeflacht werden.

2. Die Bewegungsbeschränkung der Rippenwirbelgelenke.

Da der sich in ihnen abspielende entzündliche Prozeß anfangs sehr schmerzhaft ist, wird bereits während des ersten Stadiums die thorakale Atmung, um die genannten Gelenke zu schonen, durch die abdominelle ersetzt; und weil die Gelenke in stärkster Expirationsstellung am besten entspannt sind, erfolgt schließlich ihre Fixation in dieser Stellung; die Rippen fallen steil nach unten ab, die Rippenzwischenräume werden eng, die Brustmuskulatur schwindet.

Da also bei dieser Erkrankung eine besondere Behinderung der "oberen" Atmung vorliegt, wird das Zwerchfell zu verstärkter Tätigkeit gezwungen und die inspiratorische Erweiterung der Lunge ausschließlich durch die extreme Anspannung des Zwerchfells besorgt, die zur annähernd vollständigen Eröffnung des phrenicocostalen Raumes führt. Daraus resultiert im Röntgenbilde eine fast gradlinige Streckung des Zwerchfells, wie sie sonst nur bei Seitenlage und Phrenikusreizung beobachtet wird.

Der Tod bei Morbus BECHTEREW (12) erfolgt in der Regel durch Kreislaufinsuffizienz, die durch die veränderte Atemmechanik bedingt ist. Daraus geht am klarsten die ungeheure Wichtigkeit der Atmung bei dieser Krankheit hervor. (DITTRICH, 43)

METHODEN ZUR UNTERSUCHUNG DER ATEMBEWEGUNGEN

Die nach den verschiedenen Untersuchungsmethoden, unter denen wir besonders die bilaterale Thorakographie (im Liegen) nach HANSEN und ANTHONY (77), die photographische Methode nach v.BAEYER (7) und die Röntgenkymographie hervorheben möchten, gewonnenen Ergebnisse hinsichtlich der Atembewegungen bei Skoliose stehen somit in guter Übereinstimmung.

Der von HANSEN und ANTHONY (77) konstruierte Thorakograph ist für die getrennte Aufzeichnung der Bewegung beider Brustkorbhälften. Seine Anwendung ist verhältnismäßig einfach und besteht in der Übertragung der Atembewegungen zweier symmetrisch auf den beiden Brustkorbhälften liegender Punkte mittels unelastischer Schnüre auf Schreibhebel, die an einer rotierenden Trommel zeichnen. Durch die bilaterale Thorakographie werden bei Beachtung der genauen Vorschriften genaue quantitative Werte registriert. Wird gleichzeitig mittels eines Spirographen das Atemvolumen bestimmt, so kann man durch Verbindung beider Beobachtungen mit gewisser Einschränkung auf die Volumschwankungen der beiden Thoraxhälften schließen. Als einfachstes und, da es u.a. schwierigen wirtschaftlichen Verhältnissen Rechnung trägt, als ökonomisch zu bezeichnendes Verfahren, die Atembewegungen exakt darzustellen, ist die photographische Methode, die Aufnahme der tiefsten Ein- und Ausatemstellung auf der gleichen Platte nach v. BAEYER (7) zu nennen.

Ein für die Untersuchung von Atembewegungen noch wenig benütztes, aber bei Herzuntersuchungen bereits wohlbewährtes Verfahren ist die Röntgenkymographie. Das Prinzip der Methode geht darauf aus, am Umfang eines bewegten Körpers einzelne Punkte zu isolieren und deren Bewegung zu untersuchen, indem man dieselbe auf kinematographischem Weg in einem Zeit-Weg-Diagramm aufträgt und die erhaltenen Diagramme auswertet. Die Röntgenkymographie beschränkt sich darauf, die Bewegung einzelner Bildrandpunkte zur Darstellung zu bringen, da bei inneren Organen des Körpers die Kenntlichmachung eines beliebigen Oberflächenpunktes und seiner Bewegung nicht möglich ist. (Die Beschreibung dieser drei erwähnten Untersuchungsmethoden erfolgte n.DITTRICH,43)

DAS ASTHMA

Das Thema dieser Arbeit wäre nicht hinreichend erschöpft, wollten wir nicht der Besprechung der Atembewegungen beim Asthma und seinen Formen den gebührenden Platz in den Ausführungen einräumen.

In Anbetracht des Umstandes, daß es sich dabei sowohl um Atembewegungen einer pathologisch geformten Brustwand ohne stärkere Veränderungen der Wirbelsäule handeln kann, als auch um solche, die mit einer Veränderung der Wirbelsäule einhergehen können, und in Hinblick auf die in den letzten Jahrzehnten und besonders letzten Jahren immer größer gewordene Bedeutung, die dieses Leiden in unserem Volkskörper und somit auch in der medizinischen Literatur gewonnen hat, besprechen wir es als letzten Hauptpunkt am Schluß dieser Arbeit.

Die Atmung des Gesunden besteht in einer harmonischen Mischung zwischen "oberer" und "unterer" Atmung. Nach WENCKEBACH (218) unterscheiden wir nämlich eine obere Atmung, die etwa dem von DITTRICH (43) beschriebenen thorakalen und eine untere Atmung, die dem von DITTRICH (43) beschriebenen diaphragmalen Typ entspricht. Ergänzend sei zu dieser Formierung bemerkt, daß die obere Atmung durch Hebung der 6 - 7 obersten Rippen zustande kommt, wobei diese Rippen gleichzeitig nach außen getrieben werden, die unteren 5 - 6 Rippen dagegen nur vertikal gehoben werden, und das Diaphragma sich nur wenig an der Atmung beteiligt. Die untere Atmung läßt sich in zwei Teile zerlegen. Zunächst kann rein diaphragmal geatmet werden, wobei sich die Rippen kaum beteiligen; hierbei wird bei der Inspiration der Bauch herausgebracht, bei der Expiration der Bauch eingezogen, ferner eine zusätzliche durch die Hebung und Auswärtsdrehung der unteren Rippen hervorgerufene untere Atmung. (WENCKEBACH, 218)

Die Atmung des Asthmikers im anfallsfreien Stadium zeigt bereits ihre Sonderheiten. Häufig überwiegt die obere Atmung und zwar in einer pathologischen Form. Auch in Bezug auf die respiratorische Bauchbewegung zeigt der Asthmatiker bisweilen Abweichungen.

Mit v.ROMBERG (165) bezeichnen wir als Asthma nur die anfallsweise auftretende Atemnot.

Im vollkommenen Anfall beim Asthmatiker besteht die Atembehinderung nicht nur - wie das fälschlich oft angenommen wird - im Expirium, sondern auch im Inspirium. Auskultatorisch hört man deutlich in- und expiratorisches Rasseln. Wir wissen, daß manchmal der Asthmatiker Lungenblähung mit subjektiven Empfinden eine "Beklemmung" oder einen "Druck" haben kann, ohne daß eine Spur von Geräusch in den Bronchien wahrnehmbar ist. Zur Erklärung dieser Lungenblähung wird meistens die Ventilwirkung der feineren Bronchien herangezogen, denn zweifellos sind oft im Anfall die Bronchiolen verengt, sei es durch Kontraktion der glatten Muskulatur, sei es durch Schwellung der Schleimhäute und vermehrte Sekretion. Besonders ABRAMI (1), der diese Lungenblähung mit subjektivem Empfinden aus eigener Erfahrung kannte, hat beim Asthmakongreß in le Mont Dore 1932 ausdrücklich darauf hingewiesen. (STORM van LEEUWEN, van NIEKERK, 191)

Im akuten Asthmaanfall beobachtete STORM van LEEUWEN (191) vor allem das Hervortreten und -herrschen der pathologischen Form der oberen Atmung gleichzeitig mit Lungenblähung. Die Ursache für beide Erscheinungen ist wohl dieselbe. Je schwerer nun der Anfall wird, desto hemmungsloser bricht die pathologische Form der oberen Atmung durch. Im schweren Anfall wird der Leib nun auch im Liegen inspiratorisch eingezogen statt vorgewölbt. Im schwersten Anfall treten wieder neue Erscheinungen auf. Die Atmung wird frequenter, erfolgt oft stoßweise mit eingeschalteten Pausen, die Flanken erweitern sich überhaupt nicht mehr, sondern werden nur noch hochgezogen. Es kann in Einzelfällen bis zur vollständigen Umkehr der Zwerchfellbewegung kommen, d.h. das Zwerchfall tritt inspiratorisch mit den Rippen höher.

Während beim leichten und mittelschweren Anfall trotz des subjektiven Empfindens der Atemnot eine ausreichende Ventilation der Lungen vorhanden ist, und dementsprechend auch meist keine Zyanose besteht, kommt es im schwersten Anfall zu einer Überladung des Blutes mit CO_2 und zu Zyanose.

Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß die hier beschriebenen pathologischen Atemtypen ein Charakteristikum des jeweiligen Zustandes, und nicht etwa des asthmatischen Individuums sind. Wir haben noch nie einen Asthmatiker gesehen, der dauernd den schwer pathologischen Atemtyp hatte. Dieser Typus war immer nur während des schwersten Anfalles oder des Status asthmaticus vorhanden.

STORM van LEEUWEN und van NIEKERK (191) zeigten uns mit diesen ihren Ausführungen, daß die Atmung des Asthmatikers sowohl im Anfall als auch im anfallsfreien Intervall eine Reihe bemerkenswerter Besonderheiten aufweist.

Bei der näheren Besprechung der einzelnen Asthmaformen wollen wir zunächst der Einteilung von STÜBINGER, HAUPTMEIER und WOLF, H.J. (79) folgen, und als erstes das Asthma bronchiale besprechen.

- a) Unter Asthma bronchiale verstehen wir demnach einen Zustand von plötzlich einsetzender Atemnot. Eine Neurose des Nervus vagus führt zum motorischen Krampf der Bronchialmuskulatur. Das zähe Bronchialsekret führt zu einer chronischen Bronchitis. Chronische Lungenblähung und Herzinsuffizienz sind weitere Folgezustände der Asthmaanfälle. Ätiologisch kommen in Frage psychische Traumen und allergische Reaktionen. Typische Zeichen: Sitzen im Bett mit aufgestützten Armen zur Stärkung der Atemmuskulatur, zyanotisches Aussehen, Husten- resp. Erstickungsanfälle.

Blutbild: mäßige Eosinophilie.

Sputum: Charkot-Leydensch Kristalle und Curshmannsche Spiralen. Therapie: Reizung des Vagus-Antagonisten, N. Sympathikus, z.B. mittels Injektion von Suprarenin, auch psychotherapeutische Maßnahmen kommen neben der Röntgenbehandlung in Betracht. Zur letzteren Therapieform ist ergänzend hinzuzufügen, daß wir heute, wie EICHHORN (48) es auf Grund eigener Untersuchungen zum Ausdruck bringt, mit Sicherheit wissen, daß das vegetative Nervensystem durch strahlende Energie beeinflusst werden kann. Die Zellen des vegetativen Nervensystems sind nämlich weniger hoch differenziert als die des spinalen Nervensystems und daher wesentlich empfindlicher gegen Röntgenstrahlen als die strahlenresistenten spinalen Nerven. Die Besserung von asthmatischen Zuständen

nach Röntgenbehandlung erfolgt daher über das vegetative Nervensystem.

- b) Das Asthma cardiale kommt durch eine plötzlich eintretende schwere Lungenstauung in Frage, wobei es zu einem Flüssigkeitsaustritt in die Lungenbläschen kommt. Ätiologisch ist an alle Prozesse zu denken, die ein plötzliches Versagen des linken Ventrikels verursachen können. Durchblutungsstörungen (Angina pectoris, Infarkt) infektiös-toxische Myocardschäden mit akutem Versagen des linken Ventrikels, chronische Linksinsuffizienz, vor allem bei Hypertonie der verschiedenen Genese. Die Klappenfehler führen jedoch mehr zur chronischen Stauungslunge.

Die Anfälle selbst treten vorwiegend nachts auf, begleitet von schwerster Atemnot, Angstgefühl und Lungenrasseln. Durchblutungsstörungen und Myocardschäden können ein akutes Versagen des linken Ventrikels hervorrufen.

Therapie: sofortiger großer Aderlaß bis 700 ccm zur Entlastung der Lunge.

- c) Asthma hypertonicum. Lokale Gefäßspasmen im Gebiet des Atemzentrums können hier zu auslösenden Kohlensäureanreicherungen führen. Fehlender Lungenbefund und Auftreten auch am Tage sprechen bei erhöhtem Blutdruck für Asthma hypertonicum.
- d) Eine gesonderte Behandlung in der Besprechung des Asthmakomplexes auf Grund der gegensätzlichen hier vertretenen Meinungen verschiedener Autoren erfordert das nervöse Asthma. Wir wollen in den folgenden Zeilen die Meinung zweier Autoren zu dieser Frage zum Ausdruck bringen.

Während WINTRICH (228) in seinem Handbuch der speziellen Pathologie den Standpunkt vertritt, daß die meisten Fälle von nervösem Asthma, die zu beobachten er Gelegenheit hatte, sich auf einen tonischen Krampf des Zwerchfells zurückführen ließen, wird man wohl einer so einseitigen Betrachtungsweise nicht zustimmen können. Demgegenüber verdienen die experimentellen Untersuchungen, die RIEGEL und EDINGER (161) angestellt haben, um bessere physiologische Stützen für die Lehre vom Asthma zu gewinnen, ausführlicher erwähnt zu werden. Diese Autoren führten in verschie-

denen Versuchsreihen den Nachweis, daß ein Bronchialmuskelkrampf in dem Sinne, wie ihn das Asthma beanspruchen müßte, nicht existiert; daß aber die Reizung des Vagus stets sofort einen Zwerchfellkrampf auslöst. Sie konnten ferner zeigen, daß eine Vagusreizung zwar eine Bronchialmuskelkontraktion hervorzurufen vermag, der Bronchialmuskelkrampf als solcher aber keine Lungenblähung erzeugt. Während eine Reizung des Vagus in continuo immer eine ausgesprochene Lungenblähung zur Folge hatte, trat diese nach Durchschneidung des Nerven bei Reizung des peripheren Endes niemals ein, gleichgültig ob der andere Vagus noch erhalten oder ebenfalls durchtrennt war. Die Reizung des zentralen Vagusendes hatte dagegen stets den gleichen Erfolg wie die Reizung des Nerven in continuo. Die Verfasser folgerten aus diesen Versuchsergebnissen, daß die bei Vagusreizung in continuo und bei zentraler Vagusreizung eingetretene Lungenblähung einer reflektorischen Erregung inspiratorischer Bahnen, vor allem des Nervus phrenicus, ihre Entstehung verdanke. In Übereinstimmung mit dieser Annahme ergaben Kontrollversuche mit Ausschaltung der Nn. phrenici, daß nunmehr die Vagusreizung keinen Einfluß mehr auf das Volumen der Lunge hatte.

RIEGEL und EDINGER (161) halten es immerhin für möglich, daß auch Bronchialmuskelkrämpfe sich bei dem Zustandekommen des asthmatischen Symptomenkomplexes beteiligen, der Hauptanteil müsse jedoch dem Zwerchfellkrampf zugeschrieben werden.

BURKHARDT (25) stellte Untersuchungen über den Zusammenhang von Asthma und Witterung an und kam dabei zu dem folgenden Ergebnis, daß bestimmte Tage Anfälle begünstigen. An diesen Tagen war es laut meteorologischen Aufzeichnungen zu Niederschlägen und plötzlichen Kälteeinbrüchen gekommen. Als Ursache für das Zustandekommen der Anfälle kamen Störungen der luft-elektrischen Verhältnisse, Veränderungen der Leitfähigkeit und Ionisation in Frage. (Die Untersuchungen wurden vom Verfasser in einem Zeitraum von 4 Jahren, 1924 - 1928 durchgeführt.)

SEELIGER (186) unterscheidet zwei Gruppen von Asthmatikern.

1. Eine Gruppe, bei welcher die Asthmaanfälle als klar erkennbare echte allergische Reaktionen auf Grund einer nachweisbaren angeborenen allergischen Diathese auftreten, die sich dann im allgemeinen noch in anderweitigen allergischen Reaktionsweisen, oft in einzelnen Lebensabschnitten wechselnd manifestiert. Diese Gruppe wurde als die des "spastischen" Asthmas bezeichnet und in ihr waren im wesentlichen Menschen mit den oben skizzierten Erscheinungsbild der spastisch-allergischen Diathese vertreten. Dabei handelte es sich um lebhaftere, aufgeschlossene, sensitive Menschen, oft reizbar, vielfach mit deutlichen Zeichen einer Überfunktion der Schilddrüse, starker Vasolabilität und vor allem mit Neigung zu Spasmen der glatten Muskulatur der verschiedensten Art und zu echten allergischen Reaktionen. Diese Konstitutionstypen finden wir relativ häufig in den geistigen Berufen vor allem unter den Künstlern.
2. Demgegenüber handelt es sich bei der zweiten Gruppe, deren Anfälle als "katarrhalisches" Asthma bezeichnet werden, um solche Kranke, bei denen sich das Asthma auf dem Boden eines Schleimhautkatarrhes der Luftwege entwickelt hat, bei denen zwar der echte Asthmaanfall wohl auch als allergisch bedingt aufgefaßt wurde, aber nicht auf Grund einer seit Geburt vorhandenen entsprechenden Diathese, sondern auf Grund einer lokal begrenzten Sensibilisierung der Bronchialschleimhaut. Diese Gruppe ist die weitaus größere und das katarrhalische Asthma das meist schwerere, weil bei ihm die Anfälle bei längeren Bestehen des Leidens auch durch ganz unspezifische Reize (kalte Feuchtigkeit, Rauch, usw.) im Sinne einer "parallergischen" Reaktion ausgelöst werden können. Diese Beobachtungen gründeten sich auf Aufzeichnungen über 1008 behandelter Asthmatiker, von denen 231 in die Gruppe des spastischen, 777 in die Gruppe des katarrhalischen Asthmas eingereicht wurden.

Therapeutisch stellte SEELIGER (186) in Bezug auf die beiden Gruppen fest, daß die feintröpfige Zerstäubung der Emser Sole im Nebelraum fast durchwegs von den Katarrhasthmatikern sehr gut vertragen und bei ihnen somit auch regelmäßige Anwendung fand. Die spastischen Asthmatiker dagegen fühlten sich in dem Nebelraum äußerst unwohl, klagten oft über Hustenreiz und vermehrte asthmatische Beschwerden. Entgegengesetzt verhielt es sich mit der Verträglichkeit der Trockeninhalation sympathikotroper krampflösender Mittel (meist Broncho oder Glycirenan). Diese wurde fast von allen spastischen Asthmatikern sehr gut vertragen und schaffte Erleichterung, während eine große Anzahl von Katarrhasthmatikern nur mäßig oder schlecht auf diese Behandlungsart ansprach. Weiterhin empfiehlt SEELIGER (166) neben der bereits erwähnten Röntgenbehandlung -bestrahlung noch ultraviolette Strahlenbehandlung sowie Kurzwellenhyperthermie. Letztere stellt ebenso wie die zeitweilig versuchte Pyriferaanwendung eine unspezifische Therapie für diese Erkrankungsart dar. Das Fieber bei der Pyriferaanwendung erzeugt nämlich keine eigentliche Heilung, sondern setzt nur die Anzahl der Anfälle herab bzw. unterdrückt sie auf längere Zeit. Von den amerikanischen Autoren werden anfallsfreie Zeiten von 9 Monaten bis zu 2 Jahren beschrieben. Hierbei spielen Konstitution, Sekundärerkrankungen (Bronchitis, Bronchiektasien usw.) Förderung der Antigenbildung und Ausschaltung der Allergene eine maßgebliche Rolle. Eine Sonderstatistik von 133 Fällen ergibt 30% praktisch freie Fälle, 37% wesentliche Besserungen, 8% geringe Besserungen und 15% Versager.

Die künstliche Höhensonnenbestrahlung kommt eigentlich nur für das Asthma der Kinder in Betracht, und die Diathermiebehandlung der Milz als Therapie kommt noch vorläufig als Versuch nur in Frage.

Große Bedeutung dagegen hat in letzter Zeit die Ultraschallbehandlung des Thorax beim Asthma gewonnen. Ihr günstiger Einfluß konnte durch Pneumogramme objektiviert werden (SCHOLTZ, 181). In der überwiegenden Zahl der untersuchten Kranken - insgesamt wurden 38 Patienten mit Asthma ohne kardiale Komponente untersucht - trat unmittelbar nach der Behandlung mit Ultraschall Frequenzabnahme und Vertiefung der Atmung ein. Die Verbesserung des Atemtyps konnte in einer Reihe von Fällen auch an rascherem Druckabfall in einer um den Thorax gelegten Manschette bei der Ausatmung und gleichmäßigeren Atemzeichen erkannt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

DER MECHANISMUS DER ATMUNG lautet das Thema vorliegender Arbeit.

Es wurde versucht, die erreichbare Literatur der letzten 50 Jahre zusammenzustellen.

Besondere Berücksichtigung fanden die Veröffentlichungen, die seit 1935 hierüber erschienen sind.

Meinung und Gegenmeinung wurden einander gegenübergestellt und kritisch betrachtet.

Ein einleitender Abschnitt diente der allgemeinen Orientierung über die phylogenetischen und ontogenetischen Beziehungen.

Als dann wurden im Abschnitt Träger der Atembewegung in erster Linie die anatomischen Faktoren betrachtet, unter ihnen der Brustkorb, und zwar sowohl die bewegten Teile, Knochen und Gelenke, als auch die bewegenden Kräfte, die Muskulatur; ferner das Zwerchfell und die Bauchdecke, sowie die Atembewegungen der Lunge.

Sodann wurden die wichtigsten Kräfte der Atemmechanik im einzelnen besprochen, es wurden gewisse allgemeine Anschauungen über die Beziehungen zwischen den respiratorischen Druckschwankungen, Atemvolumen und Atemfrequenz unter verschiedenen Atmungsbedingungen erörtert. Der Abschnitt über Regulierung der Atmung zeigt deren Eingliederung in die Funktion des Gesamtorganismus und stellt damit die Beziehung der Atembewegungen zu diesem her.

Aus den anatomischen Faktoren und den wichtigsten Kräften der Atemmechanik, den Trägern der Atembewegung, gleichsam aufgebaut, wurde im zweiten Hauptabschnitt die Atembewegung der Norm zusammenhängend dargestellt. Die einzelnen Atmungsarten wurden in ihrer Beziehung zu Änderungen der Körperhaltung u.a.m. besprochen. Einiges Grundsätzliches für die Atmungsmechanik beim Sprechen und Singen wurde vorgetragen. Daß bei all diesen Formen der Atmung

auch die Atmungslage eine Rolle spielt, hatte bislang wenig Beachtung gefunden; sie wurde gewissermaßen als kennzeichnender Begriff für bestimmte Formen und Funktionen der Atmung besprochen.

In dem Abschnitt über Rhythmus und Frequenz wurde gezeigt, daß die Atemfrequenz auch in einer gewissen Abhängigkeit von den Körperbewegungen steht, und daß die gleichzeitige Berücksichtigung beider Bedingungen einen gewissen Rhythmus der Atmung zweckmäßig erscheinen läßt, durch den sich die Atmung fließend in die Bewegungen des Körpers einfügt. Ein solcher Rhythmus führt zu einer zweckmäßigen Ausnutzung der für die Atembewegungen verfügbaren Kräfte, also zu einem guten mechanischen Wirkungsgrad der Atembewegungen durch Einsparung unnötiger Mit- und Nebenbewegungen. Daß die Atembewegungen der Brustwand, des Zwerchfells und der Lunge nicht nur eine Eigenfunktion zu erfüllen haben, welche die Atmung als solche betrifft, ist in dem Abschnitt über die Atembewegungen des Herzens und der großen Gefäße ausgeführt. In der Brusthöhle sind es vorwiegend Unterdruckwirkungen, in der Bauchhöhle Überdruckwirkungen, evtl. Pressungen, welche Herz und große Gefäße und damit den großen Kreislauf beeinflussen. Der Seufzerzwang des trainierten Sportmanns, die Seufzeratmung bei Erkrankungen, durch die der Kreislauf in Mitleidenschaft gezogen ist, das Gähnen und Gähnatmen, wie auch manche andere Erscheinungen können aus diesen Zusammenhängen erklärt oder wenigstens von einer neuen Seite beleuchtet werden. Dieser Einfluß der Atembewegungen auf das Herz und die großen Gefäße zeigt ferner die Bedeutung der Atemgymnastik vom Gesichtspunkt einer Bewegungsübung von Herz und Gefäßen und der Vorbeugung gegen deren vorzeitige Verkalkung.

Aus dem anschließenden Abschnitt über die Bedeutung der Atembewegungen im Rahmen der Gesamtatmung, Leistung der Atmung wollen wir als wichtigstes Ergebnis hervorheben, daß die Leistung der Atmung insbesondere hinsichtlich ihrer Anpassung in erster Linie von der Leistungsfähigkeit der Atembewegung abhängt. Um einen Maßstab für die durchschnittliche Größe der Atembewegungen zu bekommen, schien es zweckmäßig, dem Abschnitt einige Zahlenangaben über die Grundwerte der Atmung beizufügen.

Auf den Abschnitt über die Atembewegungen der Norm folgt als weiterer Abschnitt derjenige über die Atembewegungen der Fehlförmigkeit. In diesem Abschnitt wurden insbesondere die Ergebnisse eigener Untersuchungen DITTRICHs (43) verwertet; durch die neue theoretische Erkenntnisse bestätigt werden konnten. In einigen kürzeren Abschnitten wurden zunächst die Atembewegungen nervöser Kinder, die Beseitigung der nervösen Störungen durch Atemübungen, die Atembewegungen beim Husten, bei Fettreichen, der Steilstellung des Beckens behandelt. Bei Rundrücken und Kielbrust wurde in einigen Fällen große Ausdauer der Betreffenden festgestellt; eine Erhebung, die hinsichtlich der Behandlung von Wichtigkeit ist.

Des weiteren zerfällt dieser Hauptteil in zwei Unterabschnitte, deren erster die Atembewegungen bei pathologisch geformter Brustwand, wobei nur geringfügige Veränderungen der Wirbelsäule vorhanden sind, behandelt. Die Gliederung der Unterabschnitte ist nach den einzelnen Krankheitserscheinungen vorgenommen. Auch wurde der Einfluß der hier in Betracht kommenden Operationen besprochen.

Im zweiten Unterabschnitt, dem über die Atembewegungen bei Veränderungen der Wirbelsäule, nimmt die Darstellung der Atmung bei Skoliose und Kyphoskoliose den größten Raum ein. Es wurden hierbei die Veränderungen an den Rippen, dem Zwerchfell, der Rumpfhaltung und deren Einfluß auf die Atembewegungen besprochen.

Ein weiterer Hauptabschnitt wurde der Besprechung des Asthmas gewidmet. In einigen kürzeren Unterabschnitten wurden die Art der Anfälle sowie die Formen seines Auftretens besprochen. Ein weiterer Unterabschnitt wurde der Gruppeneinteilung nach SEELIGER (186) sowie der für die einzelnen auftretenden Formen erforderlichen Therapie zur Besprechung eingeräumt. Auch wurde zum besseren Verständnis für die Atembewegungen beim Asthma auf die von WENCKEBACH (218) eingeführte Unterscheidung einer oberen Atmung, die etwa der Rippenmuskelatmung entspricht, und einer unteren Atmung, die dem Typ der diaphragmalen Atmung analog ist, hingewiesen.

Von den Methoden zur Untersuchung der Atembewegungen wurden in einem Unterabschnitt besonders die direkten ausführlich besprochen, wie die photographische Methode nach v. BAEYER (7) und die bilaterale Thorakographie nach ANTHONY und HANSEN (78). Von neueren Untersuchungsmethoden wurde der Röntgenkymographie größere Bedeutung bei der Besprechung geschenkt.

Möge diese zusammenfassende Darstellung tiefer in die Problematik der speziellen Bewegungslehre einführen, und somit dazu beitragen, die komplizierten wechselseitigen Beziehungen zu klären.

Möge sie eine Basis darstellen für weitere wissenschaftliche Forschungen der Zukunft, auf der die künftigen Forschungen aufbauen können.

Herrn Professor Dr. H. v. BRAUNBEHRENS sei an dieser Stelle für die freundliche Annahme der Arbeit gedankt.

Herrn Priv.-Dozent Dr. med. F.E. STIEVE für die Überlassung des Themas sowie die Erstattung des Referates meinen besonderen Dank auszusprechen, ist mir ein aufrichtiges Bedürfnis.

Für Anregungen, Unterstützung und Beratung, die mir bei der Durchführung dieser Arbeit jederzeit gewährt wurden, schulde ich den Herren Dr. F.E. STIEVE und Dr. Fr. KÜNZLER herzlichen Dank.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Abrami: zitiert nach Storm van Leeuwen
2. Adlersberg, D. und Porges, O.:
Die neurotische Atmungstetanie, eine neue
klinische Tetanieform
Münchn.med.Wschr. 71, 1256 (1924)
3. Alexander, H.: Atembewegungen nach Phrenikusexairese
zitiert nach Dittrich, S. 136
4. Alexander, H.: Atembewegungen bei Pneumothorax
zitiert nach Dittrich, S. 139
5. Alexander, H.: Atembewegungen nach Thorakoplastik
zitiert nach Dittrich, S. 142
6. Anthony, A.J. und Heine:
Die Atembewegungen nach Operationen
zitiert nach Dittrich, S. 133
7. Baeyer, v.: Die photographische Methode
zitiert nach Dittrich, S. 202
8. Barr, J.: Der Einfluß der Atmung auf den Blutkreis-
lauf, pulsus paradoxus, etc.
Münch.med.Wschr. 54, 1695 (1907)
9. Bass: Atemreflexe
Münch.med.Wschr. 71, 1557 (1924)
10. Bass: Atmungszentrum
Münch.med.Wschr. 90, 634 (1943)
11. Baur, H.: Atmung bei lebensbedrohlichen Zuständen
Münch.med.Wschr. 85, 1451 (1938)
12. Bechterew: Morbus Bechterew
zitiert nach Dittrich, S. 174 - 175

13. Beckmann, K.: Über Änderungen in der Atmungsregulation durch psychische und pharmakologische Einflüsse
Münch.med.Wschr. 62, 1051 (1915)
14. Benninghoff, A.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen
"Der Atemmechanismus"
Verlag: Urban und Schwarzenberg, Berlin 1954
15. Bethe: Die Ursache der Atembewegung
zitiert nach Dittrich, S. 1
16. Bilski, Fr.: Über einen Atmungsreflex bei Herzkranken
Münch.med.Wschr. 79, 278 (1932)
17. Blumenfeld: zitiert nach Weleminsky
18. Bohr, Chr.: Lungenemphysem
Dtsch.Arch.f.klin.Med. 136, 430 - 434 (1907)
19. Brauer: zitiert nach Wagner (210)
20. Brecke: zitiert nach Schaefer (177)
21. Breuer, J.: Die Selbststeuerung der Atmung
zitiert nach Dittrich, S. 39
22. Brunner: Atembewegung nach Phrenikusexairese
zitiert nach Dittrich, S. 136
23. Bruns, C.: Veränderungen der äußeren und inneren Atmung bei Stenosen der oberen Luftwege
Münch.med.Wschr. 76, 1063 (1929)
24. Brückner: Silikose, Atmung und Kreislauf
Münch.med.Wschr. 82, 728 (1935)
25. Burkhardt, J.L.: Über den Zusammenhang von Asthma und Witterung
Schweiz.med.Wschr. 77, 149-150 (1930)

26. Buttersack: Mechanische Nebenwirkungen der Atmung
und des Kreislaufs.
Münch.med.Wschr. 49, 586 (1902)
27. Buytendijk: zitiert nach Christian und Jacob
28. Chaoul: Das Zwerchfell
zitiert nach Dittrich, S. 9
29. Chapmann: zitiert nach Christian und Jacob
30. Cohen und White: zitiert nach Christian und Jacob
31. Colly-Bofill, J.: Das stridoröse Atmen der Neugeborenen
Münch.med.Wschr. 55, 2249 (1908)
32. Condorelli, C. und Rechnitzer, E.:
Klinische Untersuchungen über die Möglich-
keit einer funktionellen Dissoziation der
Atmung unter experimentellen und patholo-
gischen Bedingungen
Münch.med.Wschr. 74, 945 (1927)
33. Christian, P. und Jacob, W.:
Das nervöse Atmungssyndrom
Münch.med.Wschr. 96, 1291-1292 (1954)
34. Christie: zitiert nach Christian und Jacob
35. Chvostek: zitiert nach Adlersberg und Porges
36. Dackau, R.: Über halbseitige Atemstörung bei positiver
Hemiplegie
Münch.med.Wschr. 69, 174 (1922)
37. Dalton: zitiert nach Christian und Jacob
38. Delgado: zitiert nach Christian und Jacob
39. Delius: zitiert nach Christian und Jacob

40. Deppe, H.: Zur Frage der Brust- und Bauchatmung
Münch.med.Wschr. 69, 1543 (1922)
41. Deppe, H.: Flankenatmung
zitiert nach Dittrich, S. 44
42. Dillon: Das Zwerchfell
zitiert nach Dittrich, S. 9
43. Dittrich, R.: Die Atembewegungen der Norm und Fehl-
form
Verlag: Ferdinand Enke, Stuttgart 1937
44. Dreser, H.: Über die Bilanz zwischen Atemleistung
und Atembedürfnis
Münch.med.Wschr. 47, 1431 (1900)
45. Du Pasquier: L'insuffisance respiratoire et son traitement
Zschr.f.physik.Therapie 29, 202 - 203 (1925)
46. Dünner, L. und Mecklenburg, M.:
Der Einfluß der Phrenikusexairese auf die
Atmung
Zschr.f.physik.Therapie 33, 26 (1927)
Dtsch.med.Wschr. 73, 1819-1820 (1926)
47. Eckardt, P.: Kreislaufregulation und Blutgehalt der Lunge
bei Überwärmung, insbesondere das Verhal-
ten bei der Körpertemperatur, Blutdruck,
Puls und Atemfrequenz
Zschr.f.physik.Therapie 4, 87 (1952)
48. Eichhorn, H.J.: Röntgenbehandlung des Asthma bronchiale
Med.Klinik. 19, 230 (1950)
49. Engelhard: Die Kyphose
zitiert nach Dittrich, S. 145
50. Epstein: zitiert nach Christian und Jacob
51. Felix, W.: Der Brustkorb
zitiert nach Dittrich, S. 7 - 8

52. Felix-Rehn: Die Bedeutung der verschiedenen Abschnitte
des Brustbeins für die Physiologie der Atmung.
Münch.med.Wschr. 78, 934 (1931)
53. Fick, A.: Die Brustatmung
zitiert nach Dittrich, S. 44
54. Fick, R.: Über die Atemmuskeln
Arch.f.Anatomie und Entwicklungsgeschichte
Suppl. Bd. 1897
55. Fleisch, A.: Zur Analyse der Atmungssteuerung
Schweiz.med.Wschr. 60, 951 (1930)
56. Frey: zitiert nach Reichel
57. Friedmann: zitiert nach Trautmann
58. Friedmann: zitiert nach Christian und Jacob
59. Fulde, E.: Über den Einfluß des vegetativen Systems
auf die Atmung
Münch.med.Wschr. 85, 226 (1938)
60. Gad: zitiert nach Wolf, H. (229)
61. Gagel, O.: Zur Funktion der Substantia reticularis
Wiener Med. Welt 93, 634 (1943)
62. Geppert und Zuntz: zitiert nach Kramer (117)
63. Gerbis, H.: Eine regelmäßige, mühelose, schmerzlose
Atmung eine wichtige Voraussetzung für
Wohlbefinden und Leistung
Münch.med.Wschr. 86, 115 (1939)
64. Gliebe: zitiert nach Christian und Jacob
65. Glusman: zitiert nach Christian und Jacob (33)
66. Götze: Die Phrenikotomie
zitiert nach Dittrich, S. 134

67. Grassmann, K.: Zur Pathogenese und Therapie des Cheyne-Stokes'schen Atmen
Münch.med.Wschr. 94, 322 (1932)
68. Gregor: Über Atmungsanomalien im Kindesalter
Münch.med.Wschr. 49, 1819 (1902)
69. Gregor: Mannigfaltigkeit in der Kombination von ab-
domineller und thorakaler Atmung
zitiert nach Dittrich, S. 4
70. Grimberg, L.E.: Die forcierte Atmung als eine diagnostische
Methode bei funktionellen Nervenkrankheiten
Münch.med.Wschr. 87, 1940 (1925)
71. Gutzmann, R.: Zur Frage der gegenseitigen Beziehungen
zwischen Bauch- und Brustatmung
Münch.med.Wschr. 49, 813 (1902)
72. Gutzmann, R.: Physiologischer Asynchronismus beim Sprechen
zitiert nach Dittrich, S. 51
73. Gutzmann, R.: Zur Physiologie und Pathologie der Atmungs-
bewegung
Münch.med.Wschr. 52, 732 (1905)
74. Günther, P.: Das tetanische und tonische Aktionssubstrat
des Zwerchfells
Zschr.f.ärztl.Forschung 48, (1954)
75. Haas: Die Leistung der Atmung unter pathologi-
schen Verhältnissen
zitiert nach Dittrich, S. 121
76. Haedicke, J.: Der Atmungskreislauf in seinem Verhältnis
zum Herz- und Lymphkreislauf, sowie in
seiner Bedeutung für Gesunde, Kranke und
Scheintote. Eine Ergänzung des Harvey'schen
Gesetzes
Zschr.f.phys.Therapie 36, 118 (1929)

77. Mansen und Anthony:
Die bilaterale Thorakographie
zitiert nach Dittrich, S. 201
78. Hasse, C.:
Die vier Atmungstypen der Säugetierreihe
zitiert nach Dittrich, S. 3 - 4
79. Hauptmeier, H., Stübinger, H.G., Wolf, H.J.:
Notfälle der Inneren Medizin. "Atemnot"
Zschr.f.Krankengymnastik 19, 13 (1950)
80. Hausmann, M.:
Der Einfluß des Atmens auf die Bauchdecken und seine Bedeutung bei der Abdominalpalpation.
Münch.med.Wschr. 69, 1703 (1922)
81. Harvey:
Das Blutkreislaufgesetz
zitiert nach Haedicke (76)
82. Helly:
zitiert nach Hermann (88)
83. Hendrickson:
zitiert nach Hermann (88)
84. Hensen, O.:
Über sakkadiertes Atmen
Münch.med.Wschr. 49, 1807 (1902)
85. Hensen, O.:
zitiert nach Schaefer
86. Herbst, R. und Nebuloni, A.:
Über den Einfluß der Ermüdung auf Gaswechsel, Puls und Atmung
Zschr.f.d.ges.exp.Med. 57, 450-469 (1927)
87. Herbst, R.:
Beeinflussung des Kreislaufs durch die Atmung
zitiert nach Dittrich, S. 68
88. Hermann, K.O.:
Der Einfluß der Atmung auf die Tätigkeit des M.sphinkter Oddi
Zschr.f.ges.Innere Medizin 7, 264 (1952)
89. Herzog, F.:
zitiert nach Hermann (88)

90. Herzog, F.: Über die Entstehung des Cheyne-Stokes'schen Atmens
Münch.med.Wschr. 70, 564 (1922)
91. Hess, W.: Die Regulierung der Atmung
Verlag: Gustav Thieme, Leipzig 1931
92. Heymanns, C.: Über die nervös reflektorischen Beziehungen zwischen Blutkreislauf und Atmung
Münch.med.Wschr. 78, 53 (1931)
93. Hill: Vor- und Nachatmen
zitiert nach Dittrich, S. 60
94. Hill: Der Seufzerzwang
zitiert nach Dittrich, S. 63
95. Hirsch, E.: Der Einfluß der Atmung auf die Herztätigkeit
Zschr.f.physik.Therapie 32, 81 (1927)
96. Hochrein, L.: zitiert nach Tirala
97. Hofbauer, L.: zitiert nach Tirala
98. Hofbauer, L.: zitiert nach Ide (108)
99. Hofbauer, L.: Atembewegungen nach Thorakoplastik
zitiert nach Dittrich, S. 141
100. Hofbauer, L.: Veränderungen der Lunge bei Skoliose
zitiert nach Dittrich, S. 168 - 169
101. Hofbauer, L.: Flankenatmung
zitiert nach Dittrich, S. 44
102. Hofbauer, L.: Die Atemleistung als Maß der körperlichen Tüchtigkeit
Zschr.f.exp.Med. 98, 17 - 23 (1933)
103. Hofbauer, L.: Pathogenetische Bedeutung des Atemweges für den Gesamtorganismus
Münch.med.Wschr. 69, 963 (1922)

104. Hoffmann, Cl.: Atembewegungen beim Sprechen und Singen
 zitiert nach Dittrich, S. 51
105. Holz knecht, G. und Hofbauer, L.:
 Atembewegung nach Phrenikusexairese
 zitiert nach Dittrich, S. 135
106. Hörnicke: Flankenatmung
 zitiert nach Dittrich, S. 44
107. Hutchinson: zitiert nach Deppe
108. Jde: Über die minderwertige und unzureichende
 Atmung von Kindern und ihre Richtigstellung
 und Verbesserung durch rationelle
 Lungengymnastik
 Zschr.f.physik. Therapie 32, 24 (1927)
109. Kaada: zitiert nach Christian und Jacob
110. Katz: Die Atembewegung bei rachitischem Thorax
 zitiert nach Dittrich, S. 128
111. Kerr: zitiert nach Christian und Jacob
112. Klemperer: Sakkadiertes Atmen
 zitiert nach Schaefer
113. Klein: zitiert nach Romanoff
114. Knoll, W.: Rhythmus und Frequenz der Atmung
 zitiert nach Dittrich, S. 56
115. Knoll-Arnold: Der Brustkorb als schwingendes Massensystem
 zitiert nach Dittrich, S. 57
116. Korkhaus: Atmungsstörungen und Gebißanomalien
 Zahnärztl.Welt 9, 584 (1954)
117. Kramer: Neue Ergebnisse der Atmungsregulation
 Münch.med.Wschr. 89, 806 (1942)

118. Kramer und Gauer: zitiert nach Kramer
119. Kreuzfuchs, S.: Über den physiologischen Antagonismus der Atmung der Spitzen und der basalen Anteile der Lungen
Münch.med.Wschr. 66, 792 (1919)
121. Kuhlmann, Fr.: Die Atembewegungen der Lunge
zitiert nach Dittrich, S. 14
122. Kuhlmann, Fr.: Die Atembewegungen bei Pneumothorax
zitiert nach Dittrich, S. 137
123. Kussmaul: Die große Atmung
zitiert nach Wiechmann
124. Landois, L. und Rosemann, R.:
Lehrbuch der Physiologie des Menschen
"Physiologie der Atmung" S. 214-226
"Physiologie des Herzens" S. 129
"Arbeitsleistung des Herzens" S. 135
Verlag: Urban und Schwarzenberg, Berlin
1950
125. Liebermeister: zitiert nach Romanoff
126. Lindhard und Heymanns:
zitiert nach Kramer
127. Livingston: zitiert nach Christian und Jacob
128. Loebell, H.: zitiert nach Korkhaus
129. Löschke: Die Kyphose
zitiert nach Dittrich, S. 145
130. Mader, L.: zitiert nach Trautmann
131. Manciola, G.: Die Bedeutung der Atmung durch die Nase beim Arbeiter
Schweiz.med.Wschr. 23, 726 (1942)

132. Märk, E.R. und Neumann, H.:
Der Einfluß passiver Änderung der Körper-
lage auf Atmung und Pulsfrequenz beim
Menschen
Klin.Wschr. 11, 1519 (1932)
133. Marshak: zitiert nach Reichel
134. Marzikowski: zitiert nach Trautmann
135. Master: zitiert nach Christian und Jacob
136. Mayer, v.: Die zwei Arten der Brustatmung
zitiert nach Dittrich, S. 44
137. Meilie: zitiert nach Christian und Jacob
138. Meyer, E.: Der Verlauf der Rippen bei Skoliose
zitiert nach Dittrich, S. 147
139. Minkowski: Handbuch der allgemeinen Pathologie
"Pathologie der Atmung"
Verlag: Urban und Schwarzenberg, Berlin 1924
140. Mohr: zitiert nach Christian und Jacob
141. Müller, L.R. und Gagel, O.:
Das Atemzentrum
Münch.med.Wschr. 76, 730 (1929)
142. Müller, O.: Zur neurotischen Atmungstetanie
Münch.med.Wschr. 72, 1979 (1925)
143. Nissen und Cokkalis: Experimentelle Untersuchungen über me-
chanische Atmungsstörungen und einige
Folgezustände
Münch.med.Wschr. 73, 258 (1926)
144. Nuboer: zitiert nach Hermann (88)
145. Oehme: zitiert nach Christian und Jacob

146. Packard, F.A.: zitiert nach Trautmann
147. Papez: zitiert nach Christian und Jacob
148. Pfaundler: Die respiratorischen Bewegungen des rachitischen Brustkorbes
zitiert nach Dittrich, S. 128
149. Plaschke, S.: Atmung und Magenperistaltik - ein unbeobachteter Reflex und seine klinische Bedeutung
Wiener Klin. Wschr. 41, 1353-1355 (1929)
150. Plessner: zitiert nach Christian und Jacob
151. Pool: zitiert nach Christian und Jacob
152. Pribram: zitiert nach Christian und Jacob
153. Putzig, H.: Änderung der Pulsfrequenz durch die Atmung
Münch.med.Wschr. 59, 1775 (1912)
154. Ransohoff: zitiert nach Christian und Jacob
155. Rappaport, J.: Blood pressure and respiration.
Hyperventilation as a treatment for hypertension
Zschr.f.physik.Therapie 37, 171 (1929)
156. Rechnitzer, E.: Nervöse Atemstörungen
zitiert nach Dittrich, S. 125
157. Reed, C.J. und Kleitmann:
Studies on the physiology of sleep IV,
The effect of sleep on respiration.
Zschr.f.physik.Therapie 32, 126-127 (1925)
158. Reichel, H.: Moderne Theorien der Atmungssteuerung
Münch.med.Wschr. 94, 1287 (1952)
159. Rein, H. und Schneider, M.:
Lehrbuch: Einführung in die Physiologie des Menschen "Physiologie der Atmung" S. 146
Verlag: Julius Springer, Berlin 1955

160. Reinhardt, R.: Über die Atmung bei Herzkranken
Münch.med.Wschr. 60, 2473 (1913)
161. Riegel und Edinger: zitiert nach Wintrich
162. Roemheld, L.: Zwerchfellatmung und Aortengymnastik
Münch.med.Wschr. 77, 529-531 (1921)
163. Rohrer, F.: Die Wirkung lähmender und erregender
Stoffe auf das Atemzentrum
Münch.med.Wschr. 68, 1374 (1921)
164. Romanoff, M.: Experimente über Beziehungen zwischen
Atmung und Kreislauf
Münch.med.Wschr. 58, 698 (1911)
165. Romberg, E.v.: Cardiales und cerebrales Asthma
Zschr.f.physik.Therapie 39, 96 (1930)
166. Rosenbaum, S.: Die Leistung der Atmung
zitiert nach Dittrich, S. 112
167. Rossier, P.H.: Atmungstetanie
Münch.med.Wschr. 86, 903 (1939)
168. Rossier, P.H.: zitiert nach Christian und Jacob
169. Rothmann, M.: Über die spinalen Atmungsbahnen
Münch.med.Wschr. 49, 1020 (1902)
170. Sahli, H.: zitiert nach Schaefer
171. Sargant: zitiert nach Christian und Jacob
172. Sauerbruch, F.: Der gemischte Atemtypus
zitiert nach Dittrich, S. 48
173. Sauerbruch, F.: Die Thorakoplastik
zitiert nach Dittrich, S. 140
174. Sauerbruch, F.: Die Kyphose
zitiert nach Dittrich, S. 145

175. Sauerbruch, F.: Sekundäre Thoraxdeformitäten
zitiert nach Dittrich, S. 168
176. Schaarschuch, A.: Das Basisatmen
Zschr.f.Krankengymnastik 8, 118-121 (1952)
177. Schaefer, H.: Über sakkadiertes Atmen
Münch.med.Wschr. 57, 1993 (1910)
178. Schell, Cl.: Das Verhalten des M. pectoralis minor.
Zschr.f.Anatomie und Entwicklungsgeschichte 5,6 (1928)
179. Schenk: Rhythmus und Frequenz der Atmung
zitiert nach Dittrich, S. 56
180. Schilling: Atembewegung beim Sprechen und Singen
zitiert nach Dittrich, S. 51
181. Scholtz, H.G.: Beeinflussung des Pneumogramms von Asthma-
kranken durch Ultraschallbehandlung des Thorax
Zschr.f.physik.Therapie 1, 225 (1949)
182. Schott, Ed.: Über die Anstrengungsdyspnoe und das Auftre-
ten periodischer Atmung nach körperlicher
Anstrengung bei Gesunden und Kranken
Münch.med.Wschr. 71, 725 (1924)
183. Schöndube, W.: Rhythmus und Frequenz der Atmung
zitiert nach Dittrich, S. 60
184. Schönleber: zitiert nach Christian und Jacob
185. Schwiegk, H. und Betzien, G.:
Die Erregbarkeit des Atemzentrums bei Herz-
kranken
Münch.med.Wschr. 92, 561 (1950)
186. Seeliger, G.: Asthmagruppen und Asthmatherapie
Zschr.f.physik.Therapie 3, 274-275 (1951)
187. Sloan: zitiert nach Christian und Jacob

188. Smith, O.: Grundwerte der Atmung
zitiert nach Dittrich, S. 122
189. Stiegler, R.: Die Kraft unserer Inspirationsmuskulatur
Münch.med.Wschr. 59, 773 (1912)
190. Storm van Leeuwen, W. und Niekerk, J.v.:
Der Thorax asthenico-asthmaticus
zitiert nach Dittrich, S. 129
191. Storm van Leeuwen, W. und Niekerk, J.v.:
Die Atmung beim Asthma und beim funktionellen Emphysem
Münch.med.Wschr. 80, 681 (1933)
192. Strauss, E.: zitiert nach Christian und Jacob
193. Swan: zitiert nach Christian und Jacob
194. Sweeny, G.B.: zitiert nach Trautmann
195. Sweet: zitiert nach Christian und Jacob
196. Tiralá, L.G.: Die physiologischen Grundlagen der Atemtherapie
Zschr.: Die Therapiewoche, S. 580-581
Verlag: G.Braun, Karlsruhe 1953/54
197. Tiralá, L.G.: Hypertonie und Atmung
Wiener Klin.Wschr. 42, 137-140 (1929)
198. Trautmann, G.: Die Bedeutung der nasalen Atmung in ihrer Schutz- und Heilwirkung auf Krankheiten
Münch.med.Wschr. 50, 559 (1903)
199. Trendelenbrug, W.: Zur Lehre von den bulbären und spinalen Atmungs- und Gefäßzentren (Mensch)
Münch.med.Wschr. 58, 2515 (1911)
200. Trousseau, A.: zitiert nach Adlersberg und Porges

201. Tomaszewski, W.: Puls- und Atemfrequenz unter psychischer
Beeinflussung
Münch.med.Wschr. 85, 379 (1938)
202. Ullmann: zitiert nach Trautmann
203. Ulmer: zitiert nach Christian und Jacob
204. Vaschiede und Marchand:
Atmungsstörungen im Zusammenhang mit
den verschiedenen Graden eines pathologi-
schen Erregungszustandes
Münch.med.Wschr. 48, 1938 (1901)
205. Velden, van der: Zur Klinik der pathologischen Statik und
Mechanik des Brustkorbes (der Thoraxstarre)
Dtsch.med.Wschr. 36, 614 (1910)
206. Vries, D., Reiling, H., Rochat, R.:
Paradoxe Atmung
Münch.med.Wschr. 68, 717 (1913)
207. Vogt: Zur Pathologie und Pharmakologie im Kin-
desalter
Münch.med.Wschr. 58, 2387 (1911)
208. Volhard: Eine bisher nicht bekannte Störung der At-
mung
Münch.med.Wschr. 82, 818 (1935)
209. Volland: zitiert nach Schaefer (177)
210. Wagner, R.: Krankheit und Atmung
Zschr.f.ärztl.Fortbildung 37, 400 (1940)
211. Wagner, R.: Die Beeinflussung des Druckablaufes im rech-
ten Ventrikel durch die Atmung
Wiener Klin.Wschr. 43, 1181-1185 (1931)
212. Walsham: zitiert nach Trautmann
213. Weber: Die Phrenikusexairese
zitiert nach Dittrich, S. 134

214. Weleminsky, J.: Physiologie der Atmung
Münch.med.Wschr. 77, 1334 (1930)
215. Weltz, G.A.: Der Thorax astheico-asthmaticus
zitiert nach Dittrich, S. 129
216. Wenckebach, K.F.: Der Brustkorb
zitiert nach Dittrich, S. 8
217. Wenckebach, K.F.: Das Zwerchfell
zitiert nach Dittrich, S. 10
218. Wenckebach, K.F.: Der Thorax asthenico-asthmaticus
zitiert nach Dittrich, S. 129
219. Wenckebach, K.F.: zitiert nach Hofbauer (97)
220. Westphal: zitiert nach Hermann (88)
221. Wiechmann, E.: Atemnot
Münch.med.Wschr. 93, 1079 (1951)
222. Wieland, H.: Pharmakologische Untersuchungen am
Atemzentrum
Münch.med.Wschr. 69, 904 (1922)
223. Wieland, H. und Meyer, R.: Pharmakologische Untersuchungen am Atem-
zentrum
Münch.med.Wschr. 69, 904 (1922)
224. Willard: zitiert nach Christian und Jacob
225. Wilms: Die Thorakoplastik
zitiert nach Dittrich, S. 140
226. Winkler, U.: Der Einfluß des künstlichen Pneumothorax
auf Temperatur, Puls, Atmung, Gewicht
der Tuberkulösen
Zschr.f.physik.Therapie 29, 416 (1925)

227. Wintrich, A.: Handbuch der speziellen Pathologie und Therapie "nervöses Asthma" Bd. V/1
Verlag: Ferdinand Enke, Erlangen, 1854
228. Wintrich, A.: Sakkadiertes Atmen
zitiert nach Schaefer
229. Wolf, H.: Die Bedeutung des N. vagus für die Atmung und seine Beziehungen zur Pneumatotherapie
Münch.med.Wschr. 51, 2242 (1904)
230. Wolf, H.J.: zitiert nach Hauptmeier, Stübinger
231. Wolf, jr.: zitiert nach Christian und Jacob
232. Wolpert, H.: Über den Einfluß des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen
Münch.med.Wschr. 49, 1108 (1902)
233. Wood: zitiert nach Christian und Jacob
234. Worringer, K.A.: zitiert nach Hofbauer (102)
235. Wyss, W.v.: Der Einfluß psychischer Vorgänge auf Atmung, Blutdruck, Blutverteilung und Pulsfrequenz
Schweiz.med.Wschr. 8, 433-436 (1927)
236. Zaeper, G.: Fragen der Wechselbeziehungen zwischen Atmung und Kreislauf
Münch.med.Wschr. 88, 112 (1941)
237. Zuntz und Geppert:
zitiert nach Herbst und Nebuloni
238. Zutt: zitiert nach Christian und Jacob

L E B E N S L A U F

Am 22. August 1913 erblickte ich zu Cosel O/S als Sohn des daselbst praktizierenden Zahnarztes Fritz Schäfer und seiner Ehefrau Käthe, geb. Faerber, das Licht der Welt.

Nach vierjährigem Grundschulbesuch wechselte ich auf das humanistische Gymnasium meiner Heimatstadt über, das ich Ostern 1934 mit dem Reifezeugnis verließ.

Im Wintersemester 1934/35 begann ich, durch zeitbedingte Umstände gezwungen, in der Schweiz mit dem Medizinstudium, wo ich insgesamt 10 Semester mit den zugehörigen Fakultätsexamina absolvierte.

Hernach stand ich in hilfsärztlicher Verwendung.

In der Nachkriegszeit arbeitete ich aus pekuniären Gründen zunächst wieder praktisch und holte im Jahr 1954 nach Ableistung von zwei Pflichtsemestern an der Universität München das deutsche Staatsexamen nach.

Am 20. 11. 1954 beendete ich das Staatsexamen mit der Gesamtnote "sehr gut".

Anschließend absolvierte ich meine Pflichtassistentenzeit am Institut für Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München.

Nach Erhalt der Vollapprobation im April 1956 verweilte ich 1/4 Jahr vertretungsweise an einer chirurgischen Privatklinik in der Pfalz, anschließend daran 1/2 Jahr als Volontärarzt auf der chirurgischen Abteilung eines Kreiskrankenhauses im Neckartal und vom 1. 1. 1957 an als Assistenzarzt auf der chirurgischen Abteilung eines städtischen Krankenhauses in Württemberg.

